621.396
Т 19

Ц. Л. ТАРАСОВА, А. С. КОРНЕЕВ

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ГТС

621.395
Т19

Ц.Л. ТАРАСОВА, А.С. КОРНЕЕВ

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ГТС

Допущено Министерством связи СССР в качестве учебника для повышения квалификации рабочих связи на производстве

2020 2025
01

084358
621.395(075)

-2013

МОСКВА "РАДИО И СВЯЗЬ" 1981

ПЕРЕВІРЕНО

К.

ББК 32.882
Т19
УДК 621.395(075.8)

Тарасова Ц. Л., Корнеев А. С.

Т19 Системы передачи ГТС: Учебник для повышения квалификации рабочих связи на производстве. — М.: Радио и связь, 1981. — 232 с., ил.

В пер.: 40 к.

Рассматриваются основы телефонии, принципы построения АТС и систем передачи с частотным и временным разделением каналов. Описываются системы передачи ГТС типов КРР-М, КАМА, ИКМ-30, комплекты РСЛУ; излагаются особенности построения ЛАЦ и НУП, а также техника безопасности при их обслуживании.

Для повышения квалификации рабочих связи на производстве, может быть полезна учащимся профтехучилищ.

Т $\frac{30602-184}{046(01)-81}$ 35—81 (С.) 2402040000 ББК 32.882
6Ф1

РЕЦЕНЗЕНТЫ: Ю. А. ЯКУБ, А. Е. КРУПНОВ

Редакция литературы по электросвязи

Авиационное производственное
Киевское
НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
им. 50-летия [illegible]

© Издательство «Радио и связь», 1981

ПРЕДИСЛОВИЕ

Быстрое и экономически эффективное развитие телефонных сетей в городах и в сельской местности невозможно без широкого использования многоканальных систем передачи, позволяющих при сравнительно малом числе линий создавать большое количество высококачественных каналов связи. В связи с этим все возрастает потребность в кадрах квалифицированных работников, обслуживающих эти системы передачи.

В учебнике рассмотрены системы передачи для соединительных линий ГТС: **КАМА, КРР-М, ИКМ-30.**

Книга предназначена для повышения квалификации рабочих, но может быть также использована в профтехучилищах для подготовки электромонтеров соответствующего профиля.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам Ю. А. Якуб и А. Е. Крупнову за ценные замечания, способствовавшие улучшению книги. Введение, гл. 1, 3, 5, 7 написаны Ц. Л. Тарасовой; гл. 4, 6, 8, 9 — А. С. Корнеевым; гл. 2 написана совместно.

Все замечания по книге просьба направлять в издательство «Радио и связь» по адресу: 101000, Москва, Главпочтамт, а/я 693.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Средства электрической связи предназначены для передачи на расстояние разных видов информации: телефонных разговоров, телеграмм, программ телевидения и звукового вещания, цифровых данных для ЭВМ и т. д. В общем комплексе средств связи телефонная связь играет важнейшую роль, так как обеспечивает наиболее оперативный двусторонний обмен информацией.

Начало развития телефонной связи относится к 1876 г., когда американский ученый А. Г. Белл изобрел электромагнитный телефон. В 1878 г. был изобретен угольный микрофон, и оба прибора объединили в общую схему телефонного аппарата. В последующие годы конструкция телефонных аппаратов значительно усовершенствовалась. Большой вклад в технику телефонирования внесли русские ученые и изобретатели. Так, инженеры М. П. Махальский и П. М. Голубицкий предложили вместо угольного стержня использовать в микрофоне угольный порошок, что намного увеличило чувствительность микрофона. П. М. Голубицким был предложен способ питания микрофонов разных аппаратов от одного источника тока, устанавливаемого на телефонной станции. Е. И. Гвоздев был автором ряда схем и конструкций телефонных аппаратов.

Одновременно с совершенствованием телефонных аппаратов стало разрабатываться оборудование для телефонных станций. Первые станции были ручного обслуживания РТС. В России они появились в 1882—1883 гг. в Москве, Петербурге и других крупных городах. Вскоре началась разработка автоматических станций АТС, которые в то время строились иностранными фирмами. Отечественная промышленность начала создаваться только после Октябрьской социалистической революции, а к 1940 г. в нашей стране имелось уже более 1 млн. телефонов.

Во время Великой Отечественной войны телефонному хозяйству был нанесен огромный ущерб, который был затем ликвидирован за годы первой послевоенной пятилетки. Быстрыми темпами продолжала развиваться и совершенствоваться техника связи.

В настоящее время в нашей стране создается Единая автоматизированная система связи (ЕАСС), т. е. такой комплекс всех средств связи страны, который обеспечит народному хозяйству и населению передачу любых видов информации между любыми пунктами. Единая автоматизированная система связи объединит средства всех видов связи: телефонной, телеграфной, фототелеграфной, радиовещания и телевидения, передачи статистических данных и метеосводок, газет и сигналов автоматического управления производственными процессами и т. п. Все линии и все оборудование будут эксплуатироваться по единой системе и отвечать единым требованиям. В ЕАСС телефонная связь будет осуществляться по общегосударственной сети телефонной связи, состоящей из местных, зоновых и магистральных сетей связи страны.

Местные сети обеспечивают связью территории городов вместе с их пригородами или районы сельской местности и имеют протяженность не более 100 км. Для успешного развития этих сетей требуется большое число линий, в том числе соединительных между отдельными станциями. Эту задачу можно принципиально решать двумя способами. Можно проложить многожильные кабели, по каждой цепи (паре жил) которых будут передаваться сигналы одного сообщения. Но можно проложить и кабели небольшой емкости, используя их так, чтобы по каждой цепи передавались одновременно и независимо друг от друга сигналы многих сообщений, причем сигналы каждого — по отдельному каналу. Для этого необходимо использовать системы передачи с многоканальной аппаратурой. В обоих случаях по-разному должны распределяться затраты на сами линии и на станционное оборудование.

Вследствие относительно малой протяженности линий местных сетей по сравнению с линиями зоновых и магистральных сетей на них оправдывает себя только многоканальная аппаратура, затраты на изготовление которой с учетом монтажа, обслуживания и необходимого для ее работы специального кабеля не превышали бы стоимости многожильного кабеля с соответствующим оборудованием.

Такая система передачи, т. е. комплекс многоканальной аппаратуры и кабеля для нее, была разработана в СССР в 60-х годах. Это — кабельно-радиорелейная система на 30 каналов — КРР-30/60, использование которой оказалось целесообразным уже на линиях длиной 13—15 км. Позднее система КРР была модернизирована и выпускалась под названием КРР-М. В настоящее время выпускается полностью транзисторный вариант этой системы передачи — КАМА (кабельная аппаратура для местных автоматизированных сетей). Эти системы передачи построены по принципу частотного разделения каналов (ЧРК).

Наряду с этим на местных телефонных сетях начали использоваться системы передачи с разделением каналов по времени — системы с ВРК. Последние, в отличие от систем с ЧРК, не требуют прокладки специального кабеля, а могут работать на обычных кабелях ГТС. Это обстоятельство особенно важно при решении вопроса расширения телефонной сети в густонаселенных старых районах города, где полностью использована проложенная ранее кабельная канализация, а прокладка новой представляет большие трудности. Такой системой передачи является 30-канальная система с импульсно-кодовой модуляцией — ИКМ-30.

Указанные выше системы передачи являются в настоящее время неотъемлемой частью оборудования телефонных сетей крупных городов. Ведутся также работы по созданию систем передачи для абонентских линий (линий, соединяющих аппараты абонентов с АТС). Трудности создания таких систем обусловлены тем, что их стоимость должна быть такова, чтобы было выгодно их устанавливать на линиях длиной в несколько километров. В нашей стране разработана и используется система на два канала — АВУ (аппаратура абонентского высокочастотного уплотнения).

Таким образом, на городских телефонных сетях используются разные виды оборудования: телефонные аппараты (оконечные устройства), устройства их подключения (коммутации) к системам передачи, т. е. приборы АТС, и оборудование систем передачи.

Упрощенная схема телефонной связи n абонентов представлена на рис. В.1. При передаче разговора в телефонных аппаратах звуковые колебания преобразуются в электрические, а при приеме электрические колебания преобразуются в звуковые. Посредством приборов АТС устанавливается соединение абонента с требуемой линией, а устройства системы передачи преобразуют электрические сигналы так, чтобы разговоры всех n абонентов велись по разным каналам одной соединительной линии. При этом системы передачи не только позволяют лучше использовать линии связи, но и увеличивают дальность, улучшая качество связи за счет имеющихся в них усилителей и других устройств.

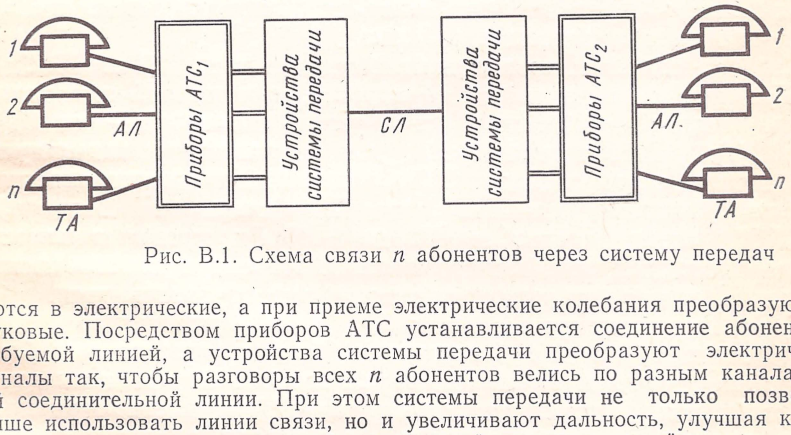


Рис. В.1. Схема связи n абонентов через систему передач

Изучение курса «Системы передачи ГТС» представляется более успешным, если ему будет предшествовать краткое ознакомление с основами телефонной передачи и принципами работы устройств АТС, с которыми непосредственно связано оборудование систем передачи.

Глава 1. ОСНОВЫ ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ НА ГТС

1.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКА

Звуки возникают в результате колебания какого-либо предмета в упругой среде, например голосовых связок, мембраны телефона и т. д. Простейшим видом колебания является равномерное, гармоническое. Звуковая волна, вызванная таким колебанием, изображается в виде синусоиды (рис. 1.1) и характеризуется периодом T (частотой f) и амплитудой A. *Период* — это время одного колебания, выраженное в секундах (с). Число колебаний в секунду называется *частотой* и измеряется в герцах (Гц). Величины T и f обратно пропорциональны: $f= {}_{T}$. *Амплитуда* — это наибольшее отклонение колеблющейся точки от своего положения равновесия за период колебания.

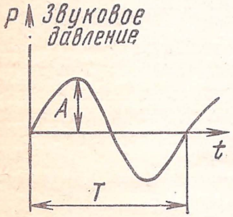


Рис. 1.1. Простое звуковое колебание

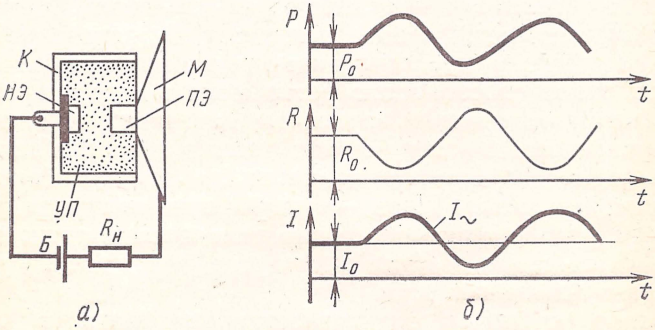
Человек способен слышать колебания с частотой от 16 Гц до 20 кГц, которые называются *звуковыми*, а голосовой аппарат человека создает колебания в более узком диапазоне — от 80 Гц до 12 кГц. Для передачи телефонного разговора используется только часть этого диапазона. По рекомендации Международного Консультативного Комитета по Телефонии и Телеграфии (МККТТ) спектр частот от 300 до 3400 Гц принят в качестве стандартного для телефонного канала. Передача такого спектра обеспечивает нормальную громкость и разборчивость речи.

Звуки характеризуются высотой (тоном), громкостью и тембром. Высота звука тем больше, чем больше частота колебания звучащего предмета. Громкость звука зависит от величины звукового давления. Восприятие звуков разной громкости ограничено двумя пределами: снизу порогом слышимости и сверху порогом болевого ощущения. *Порог слышимости* — это наименьшее звуковое давление, при котором мы начинаем слышать звуки. Звуковое давление, при котором мы начинаем ощущать боль, называется *порогом болевого ощущения.* Оба предела зависят не только от силы звука, но и от его частоты. Громкость измеряется в децибелах (дБ). Громкость в 1 дБ приблизительно равна громкости на пороге слышимости звука с частотой 800 Гц, к которой ухо человека имеет наибольшую чувствительность. На этой же частоте средняя громкость речи составляет 40—60 дБ, а болевое ощущение наступает при громкости 130—140 дБ.

Тембр, или «окраска», звука зависит от индивидуальных особенностей человека и позволяет отличать один голос от другого.

1.2. ТЕЛЕФОННЫЕ АППАРАТЫ

Рассмотрим основные узлы телефонного аппарата. *Микрофон* преобразует звуковые колебания в электрические. На рис. 1.2*а* приведен принцип устройства угольного микрофона. Основные части его: корпус *К* (латунная чашечка, изнутри покрытая изоляционным лаком или изготовленная из изоляционного материала), металлическая мембрана *М* с подвижным электродом *ПЭ*, неподвижный электрод *НЭ* и угольный порошок *УП*. Мембрана закреплена на корпусе так, что может свободно прогибаться в обе стороны. Неподвижный электрод укреплен в дне корпуса, от которого изолирован.



а) б)

Рис. 1.2. Принцип устройства и действия угольного микрофона

Принцип действия микрофона основан на изменении сопротивления *R* угольного порошка под действием звукового давления *P*, оказываемого на мембрану. Когда перед микрофоном не говорят, мембрана находится в состоянии покоя, а в цепи микрофона протекает постоянный ток I_0 от одного полюса батареи *Б* через сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}$ (обычно обмотку трансформатора), мембрану с подвижным электродом, угольный порошок, неподвижный электрод ко второму полюсу батареи. Когда перед микрофоном начинают говорить, меняется давление на мембрану (рис 1.2*б*, кривая *1*) и она начинает колебаться. Колебания через подвижный электрод передаются угольному порошку, который в такт с ними начинает уплотняться и разрыхляться. От этого меняется его сопротивление (кривая *2*), что, в свою очередь, приводит к изменению тока в цепи (кривая *3*). Ток из постоянного I_0, каким он был до разговора, становится меняющимся по величине — пульсирующим I, в котором появляется и переменная составляющая его часть. Эти изменения тока соответствуют изменениям звукового давления на мембрану, т. е. происходит преобразование звуковых колебаний в электрические.

В зависимости от сорта угольного порошка микрофоны делятся на низкоомные НО с сопротивлением 30—65 Ом, среднеомные СО — 65—145 Ом и высокоомные ВО — 145—300 Ом.

Экспериментально установлено, что при нормальном разговоре средняя мощность звуковой энергии, воздействующей на мембрану, равна нескольким микроваттам (мкВт), а мощность электрических колебаний, образованных микрофоном, составляет несколько милливатт (мВт), т. е. в 1000 раз больше. Это значит, что микрофон не только создает (генерирует) колебания переменного тока разговорной частоты, но и усиливает их, используя энергию батареи. Угольные микрофоны выгодно отличаются от микрофонов других типов способностью резко менять свое сопротивление при небольшом изменении звукового давления, т. е. создавать большое усиление. Вместе с тем такая неустойчивая рыхлая структура угольного порошка является причиной основного недостатка угольных микрофонов — «микрофонного шума», так как отдельные зерна порошка постоянно находятся в движении, произвольно меняя сопротивление микрофона, а значит, и силу тока, что вызывает искажения речи.

Телефон преобразует электрические колебания в звуковые. Основные части электромагнитного телефона (рис. 1.3*а*): постоянный магнит *ПМ*, полюсные надставки *ПН*, катушки *К* и мембрана *М*.

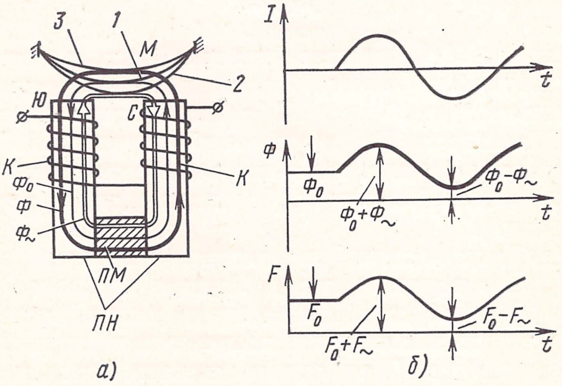


Рис. 1.3. Принцип устройства и действия электромагнитного телефона

Принцип действия электромагнитного телефона основан на взаимодействии двух магнитных потоков постоянного $Ф_0$, образованного постоянным магнитом, и переменного $\Phi_{\sim}$, вызванного протеканием переменного тока по катушкам. При отсутствии тока мембрана находится только под действием силы, вызванной потоком Φ_0 (рис. 1.3*б*), и немного прогнута в сторону полюсных надставок, занимая положение *1*. Когда по катушкам протекает ток, то в полюсных надставках создается переменное магнитное поле. Это поле то усиливает, то ослабляет поле постоянного магнита в зависимости от направления тока в катушках (намотка провода обеих катушек встречная, создающая в обеих надставках противоположные полюса). Когда направления магнитных потоков Φ_0 и $\Phi_{\sim}$ совпадают, увеличивается сила F, действующая на мембрану, и она сильней притягивается к *ПН* (положение *2*), а когда они противоположны, сила притяжения мембраны уменьшается и она занимает положение *3*. Это приводит к тому, что в такт с изменением направления (а также и величины) тока в катушках мембрана начинает колебаться, в воздухе перед ней возникают звуковые колебания, которые воспринимаются ухом.

Важной характеристикой телефона является его чувствительность, от которой зависит качество воспроизведения звуков. Идеальный телефон имел бы одинаковую чувствительность на всех частотах. Практически электромагнитный телефон имеет наибольшую чувствительность для частот от 800 до 2000 Гц, что объясняется резонансными свойствами как самой мембраны, так и массы воздуха в телефонном капсюле.

Кроме микрофона и телефона в разговорную схему телефонного аппарата входит *трансформатор* (автотрансформатор), предназначенный для согласования входных сопротивлений разговорной схемы и линии, в результате чего увеличивается дальность телефонирования. Известно, что генератор отдает наибольшую мощность в согласованную нагрузку, т. е. в ту нагрузку, сопротивление которой равно его внутреннему сопротивлению. В случае телефонной связи генератором является микрофон, а нагрузкой — линия. Согласование посредством трансформатора достигается тем, что его обмотки имеют разное число витков, а следовательно, и разное сопротивление.

Включение микрофона, телефона и трансформатора зависит от способа питания микрофонов: от местной батареи МБ или от центральной ЦБ. На рис. 1.4 показан используемый на ГТС принцип питания по системе ЦБ от одной батареи, которая устанавливается на телефонной станции. Так как при этом способе ток питания и переменный разговорный ток передаются по одним и тем же проводам, то для их разделения на телефонной станции устанавливаются так называемые питающие мостики, которые включаются в абонентские провода. Конденсатор *С* питающего мостика разделяет цепи токов питания отдельных аппаратов, а дроссель *Др* не позволяет переменному разговорному току замкнуться через батарею, минуя линию и аппарат другого абонента. На рисунке цепь тока питания показана сплошной линией, а цепь разговорного тока — двойной линией.

На районных АТС емкостью до 10 тыс. номеров устанавливается центральная батарея ЦБ напряжением 60^{+4}_{-2} В. Положительный полюс батареи заземляется.

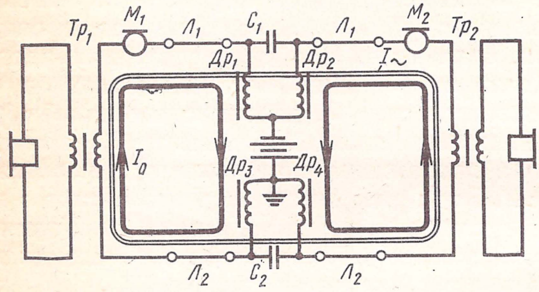


Рис. 1.4. Питание микрофонов по системе ЦБ

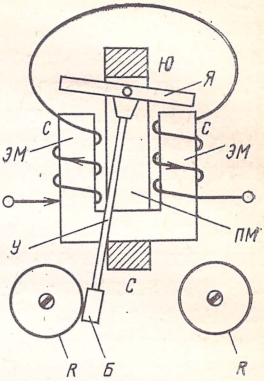


Рис. 1.5. Поляризованный звонок

Поляризованный звонок (рис. 1.5) является приемником вызова со станции. Он содержит: постоянный магнит *ПМ*, два электромагнита *ЭМ*, якорь *Я* с бойком *Б* и ударником *У* и чашки *R*. Вызывной ток имеет частоту 25 Гц. Как и в телефоне, здесь взаимодействуют постоянный и переменный магнитные потоки, но вследствие укрепления обоих электромагнитов на одном полюсе *ПМ* якорь притягивается поочередно к каждому из них, а не к обоим одновременно, как мембрана телефона. При этом боек ударяет о соответствующую чашку.

Номеронабиратели устанавливаются в телефонных аппаратах, включаемых в АТС, и служат для передачи информации о номере вызываемого абонента. При наборе номера через равные промежутки времени контакты номеронабирателя размыкают цепь тока через абонентский шлейф и станционные приборы. В результате образующихся при этом импульсов тока, число которых равно набранной цифре, приборы АТС устанавливают требуемое соединение.

Принцип устройства и действия одного из типов номеронабирателей приведен на рис. 1.6*а*. На оси O_1 закреплены заводной диск с 10 отверстиями и зубчатое колесо Z_1. Поверх колеса надет диск из изоляционного материала с выступающим сектором S. Заводная пружина крепится одним концом к оси, другим — к основанию номеронабирателя. На оси O_2 укреплены храповик X, червячное колесо *ЧК*, импульсная звездочка из изоляционного материала и свободно насажено колесо Z_2. На колесе закреплена собачка C, зуб которой лежит на храповике. На основании, против импульсной звездочки, укреплены пружины импульсного контакта *ИК*. На оси O_3 помещен червяк с центробежным регулятором скорости.

При наборе номера закручивается заводная пружина, поворачиваются колеса Z_1 и Z_2. Храповик остается неподвижным, так как собачка скользит по его косым зубьям. При обратном ходе

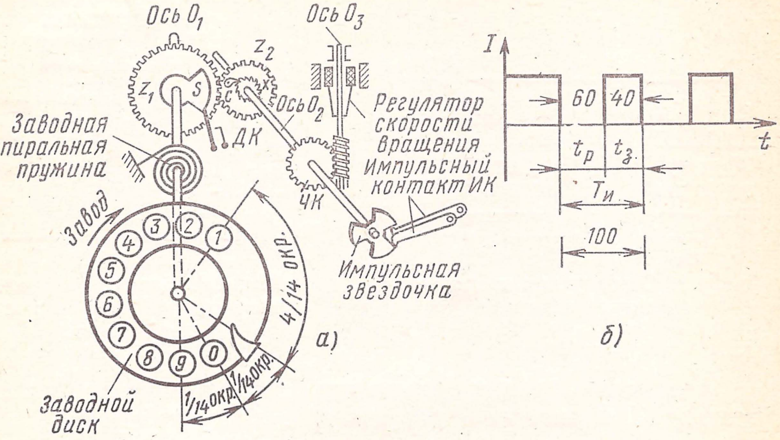

Ось O_1
Ось O_3
Z_2
Z_1
S
Ось O_2
Регулятор скорости вращения
Заводная спиральная пружина
ДК
Импульсный контакт ИК
ЧК
Завод
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
4/14 окр.
1/14 окр.
1/14 окр.
Импульсная звездочка
а)
Заводной диск
I
60
40
t
$t_р$
$t_з$
$T_и$
100
б)

Рис. 1.6. Номеронабиратель

диска пружина раскручивается, а колеса вращаются так, что собачка захватывает своим зубом храповик и увлекает его вместе с осью O_2. Вращается импульсная звездочка и своими контактами размыкает и замыкает *ИК*. Червячное колесо, ось O_3 и регулятор скорости также вращаются. Чем больше скорость, тем большее торможение создает регулятор за счет трения его грузиков о стенки чашечки. Это обеспечивает равномерность обратного хода, и импульсы тока (рис. 1.6*б*) приобретают необходимые длительность и форму.

Для нормальной работы приборов АТС номеронабиратели регулируются на 10±1 имп/с. Время одного импульса (рис. 1.6*б*) составляет в среднем 100 мс. Отношение времени размыкания $t_р$ к времени замыкания $t_з$ называется импульсным коэффициентом номеронабирателя и является его важным параметром: $K_и = t_р/t_з$. На телефонных сетях допускается разброс $K_и$ от 1,3 до 1,9.

Для увеличения межсерийного времени (времени между набором двух цифр номера) форма импульсной звездочки обеспечивает образование одного или двух (в нашем примере двух) лишних импульсов, не предназначенных для передачи на АТС. На время образования этих импульсов сектор *S* замыкает дополнительный контакт *ДК*, включенный параллельно импульсному *ИК*.

Упрощенно схему любого телефонного аппарата можно представить рис. 1.7. Аппарат содержит вызывные и разговорные приборы, которые могут попеременно подключаться к линии контактами рычажного переключателя *РП*. В состоянии покоя к линии подключены вызывные приборы, а при снятой трубке — разговорные.

Последовательно с разговорными приборами телефонного аппарата включается импульсный контакт номеронабирателя *ИК*, замкнутый в состоянии покоя и пульсирующий при наборе номера. Параллельно разговорным приборам включен шунтирующий контакт *ШК*, который разомкнут в состоянии покоя, а при наборе номера замыкается и шунтирует разговорную часть схемы, исключая ее влияние на параметры импульсной цепи.

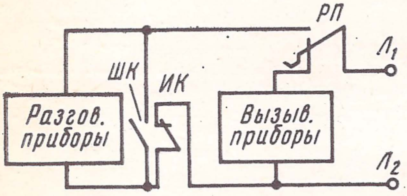


Рис. 1.7. Структурная схема телефонного аппарата

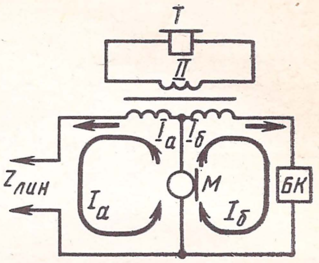


Рис. 1.8. Включение разговорных приборов по мостовой схеме

Схемы телефонных аппаратов строятся так, чтобы в них не прослушивался собственный голос. Такие схемы называются противоместными и образуются на базе мостовых. Известно, что при определенном подборе сопротивлений в плечах моста (балансе моста) ток в одной из его диагоналей отсутствует. В мостовых схемах телефонных аппаратов (рис. 1.8) в одну диагональ включают микрофон, а в другую — через обмотку *II* трансформатора телефон, а для равновесия схемы вводятся дополнительные элементы: резисторы и конденсаторы, подобранные под среднее сопротивление абонентской линии и образующие балансный контур *БК*. При исходящем разговоре ток от микрофона делится на два равных, противоположно направленных тока, обтекающих плечи моста — полуобмотки *I* трансформатора. Во вторичной обмотке его не наводится ЭДС, и в телефоне не слышно разговора.

В телефонных аппаратах с автотрансформатором схема несколько видоизменена и называется компенсационной. Следует иметь в виду, что ни одна схема не позволяет полностью подавить местный эффект (прослушивание собственного голоса и шумов помещения), так как невозможно подобрать *БК* под линию любой длины и для всех разговорных частот, однако мешающее действие его намного ослабляется.

1.3. ПРИБОРЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ

Коммутационные приборы, устанавливаемые на АТС, определяются типом последней. До настоящего времени в нашей стране наибольшее распространение имеют АТС электромеханического действия: шаговые и координатные, на которых используются соответственно шаговые искатели и многократные координатные соединители. Наряду с этим имеются полностью электронные, а также механо- и квазиэлектронные АТС (слово «квази» означает «почти»). В отличие от шаговых и координатных АТС, на которых все цепи коммутируются приборами электромеханического действия — искателями, соединителями и электромагнитными реле, на механоэлектронных и квазиэлектронных АТС для образования ряда цепей применяются элементы электронной коммутации, а на полностью электронных АТС они используются во всех цепях. Эти элементы выполняются на полупроводниковых диодах, транзисторах, магнитных материалах с прямоугольной петлей гистерезиса в виде элементарных схем, называемых логическими или решающими. Аналогичные схемы широко используются в системах передачи с ИКМ и подробно описаны в гл. 4.

Реле является наиболее распространенным коммутационным прибором АТС. Так, на РАТС шаговой системы емкостью до 10 тыс. номеров используется более 50 тыс. реле.

Электромагнитные реле подразделяются по ряду признаков: по форме сердечника — плоские и круглые; по габаритам — нормальные и малогабаритные; по наличию или отсутствию постоянного магнита — поляризованные и нормальные; по времени действия — замедленные, нормальные и быстродействующие и др.

Действие электромагнитного реле состоит в том, что, когда по его обмотке протекает ток, сердечник намагничивается и притягивает к себе якорь. Якорь воздействует на контактные пружины, которые при этом перемещаются, размыкая свои контакты в одних цепях и замыкая их в других. При выключении тока сердечник размагничивается, якорь и контактные пружины возвращаются в исходное положение.

В качестве примера рассмотрим реле РПН.

Реле РПН (рис. 1.9) — плоское нормальное, содержит корпус *1*, сердечник *7*, являющийся продолжением корпуса, катушку с обмотками *10*, якорь *9* и контактные пружины *3*. Катушка находится на гетинаксовом каркасе и может содержать от одной до трех обмоток. Выводные концы от обмоток припаиваются к штифтам *2*, запрессованным в заднюю щечку катушки. Счет штифтов ведется сверху вниз. Обмотки изготовляются из провода марки

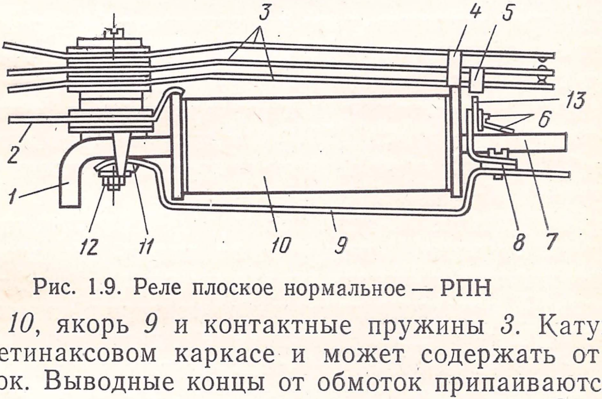


Рис. 1.9. Реле плоское нормальное — РПН

ПЭЛ толщиной 0,05—1,0 мм. Сопротивление обмотки может колебаться от нескольких ом до 18 кОм. На сердечнике реле может размещаться также безындукционная бифилярная обмотка. Такая обмотка выполняется из сложенного вдвое провода, на схемах изображается как резистор, но обозначается теми же буквами, что и реле.

Якорь реле плоский, расположен параллельно сердечнику. Задний конец якоря прижимается к основанию (корпусу) плоской пружиной *11* и опирается на угольник *12*. На передней части якоря укреплен вертикально латунный мостик *6* с выступом для регулирования. Чтобы из-за остаточного магнетизма не залипал якорь, на его стороне, обращенной к сердечнику, крепится пластина отлипания *8*, изготовленная из латуни или меди толщиной 0,1—0,5 мм. Чем толще пластина отлипания, тем быстрее реле отпускает якорь. Усилия от якоря к контактным пружинам передаются посредством гетинаксовой пластинки — упора *13*, которая крепится к латунному мостику на якоре. Когда якорь притягивается к сердечнику, упор нажимает на лапку *5* рабочей пластины, в результате чего она перемещается. Пружина, остающаяся неподвижной, имеет лапку покоя *4*.

Сердечник, корпус и якорь изготовляют из электротехнической стали и покрывают никелем для защиты от коррозии. Контактные пружины изготовляют из бронзы или нейзильбера толщиной 0,5 мм. На конце пружина раздвоена, и на каждой половине запрессован серебряный контакт. Всего в пружинном пакете может содержаться до трех групп пружин с общим количеством до 15—18.

Каждая пружина обозначается двузначным числом, первая цифра которого означает номер группы в пакете, а вторая — номер пружины в группе. Счет пружин ведется от мостика на якоре, слева направо и сверху вниз. Срок службы реле достигает 10 млн. срабатываний без регулировки и замены деталей. Для питания РПН требуется постоянное напряжение 60 В.

Любое электромагнитное реле не может сработать или отпустить мгновенно вследствие индуктивности своей обмотки. При включении реле в цепь питания ток в обмотке, а вместе с ним магнитный поток в сердечнике и сила притяжения к нему якоря нарастают постепенно (рис. 1.10*а*), а при выключении питания постепенно убывают. У нормальных реле длительность этих процессов составляет 10—30 мс.

Время срабатывания и отпускания реле зависит от его конструкции, от механической нагрузки на якорь, создаваемой контактными пружинами, а также от конкретной схемы, в которую реле включено. В соответствии с этим существуют конструктивные и схемные способы *изменения времени действия* реле.

Конструктивный способ замедления круглых реле состоит в том, что на сердечник надевается голая медная втулка, поверх которой наматывается обмотка реле. У плоских реле вместо втулки на сердечник наматывается в несколько слоев голый медный провод, концы которого замыкаются накоротко (КЗ обмотка). Действие медной втулки или КЗ обмотки состоит в том, что при включении питания постепенно нарастающий, а значит, меняющийся по величине магнитный поток вызывает в них ток индукции. Этот ток создает свое собственное магнитное поле, которое в соответствии с правилами электромагнитной индукции направлено против вызвавшего его поля. Появление встречного магнитного потока замедляет нарастание тока в обмотке, и реле срабатывает с замедлением. При выключении тока за время убывания магнитного потока во втулке или КЗ обмотке вновь возникает ток индукции, но в этом случае созданное этим током поле поддерживает убывающий магнитный поток основной обмотки и реле отпускает с замедлением. Чем толще втулка или КЗ обмотка, тем больше время замедления. Таким образом, конструктивные замедлители увеличивают как время срабатывания, так и время отпускания реле.

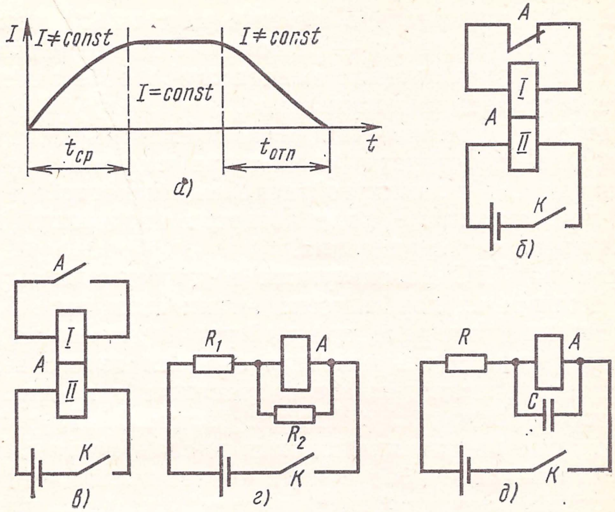


Рис. 1.10. Способы замедления действия реле

Если же требуется воздействовать только на длительность одного процесса, применяют схемные замедлители. *Схемные способы замедления* состоят в том, что реле включается в такую схему, в которой ток в его обмотке нарастает или убывает за требуемое время. Такие схемы можно создать, используя вторую обмотку этого же реле, резисторы, конденсаторы, диоды. На рис. 1.10*б* показан способ замедления реле на срабатывание, а на рис. 1.10*в* — на отпускание. В первом случае КЗ обмотка (обмотка *I* этого же реле) уже имеется к моменту срабатывания реле, а во втором случае она создается после срабатывания и воздействует только на процесс отпускания реле.

Включение реле по схеме 1.10*г* увеличивает как время срабатывания, так и время отпускания. Если в этой схеме оставить только резистор R_2, включенный параллельно обмотке реле, то оно будет замедлено на отпускание. Вместо резистора можно использовать диод.

На рис. 1.10*д* параллельно обмотке реле включен конденсатор, а в последовательной цепи — резистор. Реле замедлено на оба процесса. При наличии только конденсатора реле замедляется на отпускание, а срабатывает нормально.

В заключение отметим, что если обесточить реле, закоротив его обмотку, то оно отпустит свой якорь медленней, чем при обрыве цепи, так как в замкнутой цепи еще некоторое время будет протекать ток, магнитное поле которого поддерживает убывающий магнитный поток сердечника.

Искатели на АТС используются в качестве коммутационных приборов с одним входом и несколькими выходами. Каждый искатель имеет комплект реле, который управляет его работой, обеспечивая соединение входа искателя с одним из его выходов.

Электромеханический искатель содержит три основных узла: ротор, статор и движущий механизм (привод). На роторе укреплены контактные щетки, являющиеся входом искателя; в статоре размещено контактное поле в виде неподвижных контактных ламелей, к которым подключаются выходы искателя; движущий механизм обеспечивает передвижение щеток по контактному полю.

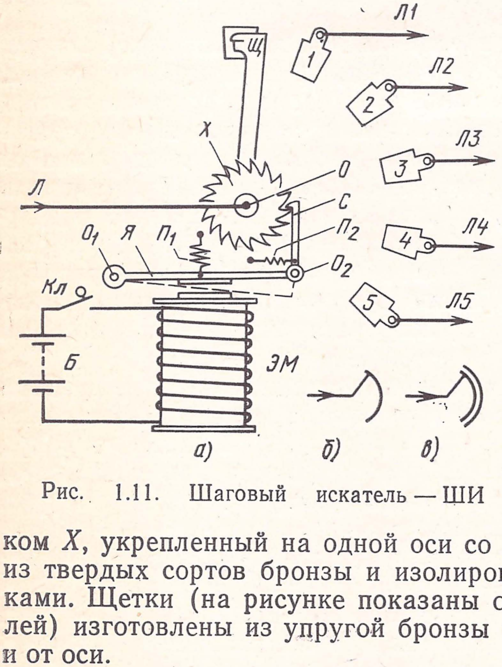


Рис. 1.11. Шаговый искатель — ШИ

Коммутационные возможности искателя определяются емкостью его контактного поля и проводностью создаваемых им соединений. Емкость равна числу включаемых линий (выходов), а проводность зависит от числа ламелей, имеющихся в контактном поле для каждой линии.

Принцип устройства простейшего шагового искателя приведен на рис. 1.11*а*. Основные части искателя: контактное поле (ламели $Л_1$—$Л_5$), контактная щетка *Щ*, электромагнит *ЭМ* с якорем *Я* и собачкой *С* и храповиком *Х*, укрепленный на одной оси со щеткой. Ламели изготовлены из твердых сортов бронзы и изолированы друг от друга прокладками. Щетки (на рисунке показаны одна щетка и один ряд ламелей) изготовлены из упругой бронзы и изолированы друг от друга и от оси.

При нажатии ключа *Кл* замыкается цепь питания электромагнита, сердечник его намагничивается и притягивает якорь. Собачка, связанная с якорем, поворачивает храповик на один зуб, и щетка перемещается на одну ламель. При размыкании цепи пружина $П_1$ возвращает якорь в исходное положение, а собачка, скользя по зубу, западает за следующий. (Оси $О_1$, $О_2$ и пружины $П_1$, $П_2$ относятся соответственно к якорю и к собачке.) При повторном замыкании цепи якорь вновь притянется и щетка перейдет на следующую ламель. Если на щетку завести линию одного абонента, а к ламелям подключить линии других абонентов, то, посылая ключом разное число импульсов в обмотку *ЭМ*, можно соединить данную линию с любой другой.

В АТС-47 и АТС-54 применяются соответственно искатели на 11 и 17 линий: ШИ-11 и ШИ-17. Каждый искатель имеет несколько щеток и столько же рядов контактных ламелей, по которым щетки движутся синхронно. Например, ШИ-17 имеет пять щеток и пять рядов ламелей и, следовательно, осуществляет пятипроводную коммутацию.

Для увеличения емкости контактного поля применяются искатели с двумя движениями щеток — подъемным и вращательным — и контактным полем на 100 линий. Такие искатели называются декадно-шаговыми ДШИ-100. Поле искателя содержит 10 горизонтальных декад по 10 ламелей в каждой, а ротор приводится в движение двумя электромагнитами: подъема и вращения. Для работы такого искателя требуются две серии импульсов. Под действием первой магнит подъема заставляет щетки подняться на уровень требуемой декады, после чего он отключается. Вторая серия импульсов поступает в магнит вращения, в результате чего щетки перемещаются по контактным ламелям данной декады. Нумерация линий в контактном поле двузначная: первая цифра означает номер декады, вторая — номер контакта в декаде.

Искатель ДШИ-100 имеет три щетки: *a, b, c* — и три одноименные секции контактного поля, по которым они движутся синхронно, и, значит, позволяет осуществить трехпроводную коммутацию.

Условное обозначение шагового искателя дано на рис. 1.11*б*, а декадно-шагового — на рис. 1.11*в*.

Многократный координатный соединитель МКС является основным коммутационным прибором на АТС координатной системы. В отличие от искателей шаговых АТС, МКС не выполняет функции искания, а только замыкает цепи, получив определенные сигналы из управляющих устройств.

Соединитель МКС можно представить как многоконтактное многоякорное реле (рис. 1.12*а*), контакты которого выполнены из благородных металлов и обеспечивают высокое качество соединения. Контактные группы собраны в пакеты, расположенные по прямоугольной сетке координат, образованной горизонтальными и вертикальными рейками. В конце каждой рейки закреплен электромагнит: у горизонтальной рейки — выбирающий *В*, а у вертикальной — удерживающий *У*. Рейки также называются выбираю-

Акционерное производственное
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

084358

щими и удерживающими. Два рядом расположенные выбирающие электромагниты управляют одной рейкой, поворачивая ее вверх или вниз. При повороте рейка подготавливает к переключению

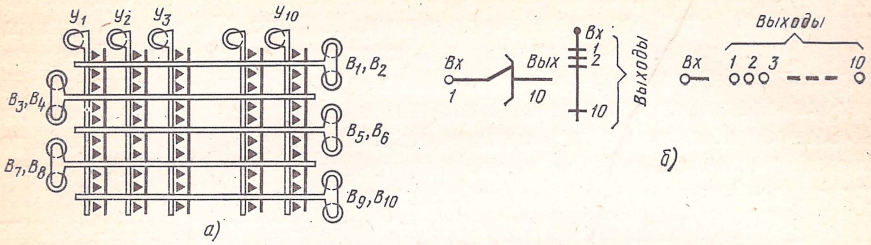


Рис. 1.12. Многократный координатный соединитель — МКС

все группы горизонтального ряда (на рисунке их 10). Однако ни одна группа не переключится, пока не сработает удерживающий электромагнит, после чего переключится та контактная группа, которая находится на пересечении соответствующих горизонтальной и вертикальной реек. Через замкнувшиеся контакты осуществляется соединение, выбирающий электромагнит освобождается, а удерживающий остается под током до конца соединения. Освободившийся выбирающий электромагнит и рейка могут обслуживать другие соединения. Один МКС может устанавливать столько соединений одновременно, сколько в нем содержится вертикалей. Вертикаль выполнена в виде самостоятельного устройства, является съемной и в коммутационном отношении сравнима с шаговым искателем малой емкости. Здесь роль щетки (входа) играет неподвижная контактная шина, а контактное поле (выходы) образуется подвижными контактными пружинами. На рисунке каждая группа имеет только один контакт и может замыкать один провод. В действительности МКС позволяет производить многопроводную коммутацию, так как может иметь от трех до 12 проводов в одной группе.

Наиболее распространены типы МКС: МКС 20×10×6; МКС 10×20×6; МКС 10×10×10. Например, МКС 20×10×6 имеет 20 вертикалей по 10 6-проводных групп в каждой.

На рис. 1.12*б* приведено три способа условных обозначений вертикалей: обычный, координатный и символический.

1.4. ПРИНЦИПЫ КОММУТАЦИИ НА АТС ДЕКАДНО-ШАГОВОЙ И КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМ

При автоматическом способе установления соединения вызывающий абонент сам воздействует на приборы, устанавливающие соединение. Информация о требуемом номере передается импульсами постоянного тока, под действием которых приборы выбирают нужный выход в контактном поле. Линия каждого абонента на АТС заканчивается абонентским комплектом *АК*, в котором при снятии абонентом микротелефонной трубки срабатывает реле, фиксирующее поступление от него вызова.

Сложные и дорогостоящие приборы на АТС, например ДШИ, являются приборами общего (группового) пользования и предоставляются абоненту только на время разговора. С целью их экономии число необходимых приборов определяется исходя из числа одновременно происходящих соединений в данной группе абонентов в часы наибольшей нагрузки (ЧНН). Как показали наблюдения, это число составляет 10—20% общей емкости группы, поэтому для группы в 100 абонентов устанавливают 10—20 приборов, которые могут заниматься ими поочередно. Для отыскания свободного в данный момент прибора вводится ступень предварительного искания (предыскания). Предыскание может быть прямым ПИ и обратным, или исканием вызовов ИВ. При прямом предыскании со стороны *АК* отыскивается свободный групповой прибор, доступный данному *АК*, с которого поступил вызов. При обратном предыскании со стороны приборов АТС отыскивается тот *АК*, с которого поступил вызов, т. е. искание ведется не от абонента, а в обратном направлении.

Принцип прямого предыскания рассмотрим для АТС шаговой, а обратного — для АТС координатной систем.

В АТС на 100 номеров с прямым предысканием (рис. 1.13) каждому абоненту предоставляется шаговый искатель ШИ-11 или

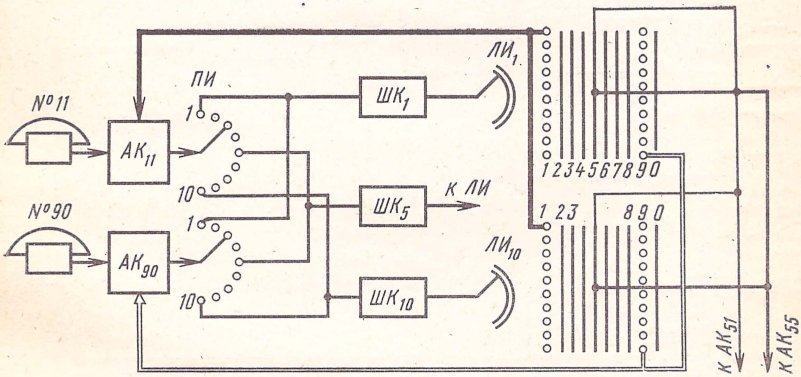


Рис. 1.13. АТС с прямым предысканием на 100 номеров

ШИ-17, который выполняет функции предыскателя *ПИ*. Абонентская линия заводится через *АК* на щетки *a* и *b* этого искателя (на рисунке для простоты показаны одна щетка и один линейный провод). Одноименные ламели контактных полей всех *ПИ* запараллеливаются, и к их общим выходам (которых меньше, чем *ПИ*), подключаются через *ШК* входы ДШИ-100, выполняющих функции линейных искателей *ЛИ*, т. е. искателей, в контактные поля которых заведены линии абонентов. Одноименные ламели полей всех *ЛИ* также запараллеливаются, и к ним подключаются абонентские комплекты. Номера *АК* двузначные и соответствуют их местам в контактном поле *ЛИ*.

Соединение устанавливается следующим образом. При снятии трубки вызывающим абонентом, например № 11, щетки его *ПИ* начинают вращаться, отыскивая свободный *ШК* и связанный с ним *ЛИ*. На первом свободном выходе (что проверяется пробой на занятость) они останавливаются, и создается сквозное соединение абонента со схемой *ЛИ*, из которой он получает сигнал *Ответ станции* и набирает номер, например 90. В результате двух вынужденных движений щетки данного *ЛИ* поднимаются на 9-ю декаду и встают на 10-ю ламель, куда многократно (через поля всех *ЛИ*) подключена линия вызываемого абонента.

Для создания АТС емкости, большей, чем емкость контактного поля ДШИ-100, вводятся дополнительные ступени искания — групповое искание *ГИ*. Принцип группового искания рассмотрим на примере АТС на 1000 номеров, приведенной на рис. 1.14. Все

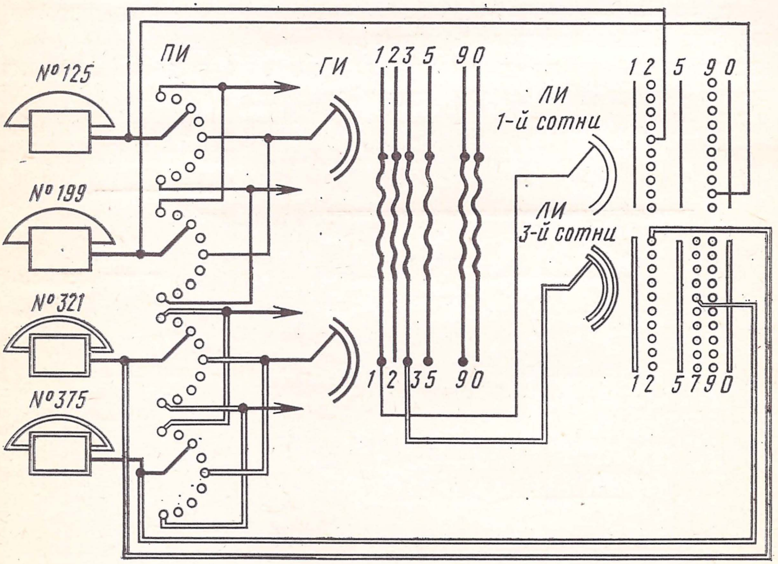


Рис. 1.14. АТС с прямым предысканием на 1000 номеров

абонентские линии разделены на сотенные группы и включены в контактные поля своих *ЛИ* (первой сотни, второй и т. д.), а также на щетки индивидуальных *ПИ*, как и в рассмотренном случае. Выходы с контактных полей 100 *ПИ* запараллелены, и к ним подключены входы групповых искателей. Контактные поля всех *ГИ* также запараллелены и образуют 10 направлений по числу декад. Выходы из каждой декады *ГИ* дают направление к соответствующей сотне абонентов: первой, второй и т. д.

Соединение устанавливается следующим образом. При снятии вызывающим абонентом трубки отыскивается свободный *ГИ*, доступный той сотенной группе, к которой принадлежит вызывающий абонент. Из схемы этого *ГИ* абонент получает зуммер *Ответ станции* (а также ток питания микрофона) и набирает номер, например 375. Под действием цифры 3 щетки *ГИ* поднимаются на уровень третьей декады, любой из 10 выходов которой дает соединение с *ЛИ*, в контактное поле которого включены линии абонентов третьей сотни. За межсерийное время отыскивается свободный *ЛИ*, щетки которого под действием двух последних серий импульсов устанавливаются на 75-й ламели контактного поля.

Дальнейшее увеличение емкости АТС достигается введением новых ступеней группового искания, каждая из которых позволяет увеличить емкость в 10 раз. Так, на РАТС емкостью до 10 000 номеров — нумерация четырехзначная и две ступени группового искания: *IГИ* и *IIГИ*. На сетях с семизначной нумерацией — пять ступеней *ГИ*; очередная после *IГИ* ступень называется дополнительным исканием *ДГИ*.

Построение координатных АТС существенно отличается от построения шаговых. Основные отличия следующие: вместо отдельных ступеней предварительного и линейного исканий имеется общая ступень абонентского искания *АИ*, объединяющая *ИВ* и *ЛИ*; число ступеней группового искания не зависит от значности номера, т. е. от емкости станции (сети); каждая ступень может состоять из нескольких звеньев; управление установлением соединения осуществляется не непосредственно через номеронабиратель, а косвенно через маркеры и регистры, которые не закрепляются за коммутационными приборами МКС; управляющие сигналы передаются быстродействующим кодом, а соединение устанавливается по обходным путям. Прибор МКС допускает многообразие способов объединения вертикалей, каждая из которых может служить самостоятельным устройством, и обеспечивает электрическое деление поля по отдельным направлениям, а не механическое, как в шаговых АТС, где деление поля обусловлено декадным построением искателя. Качество контактов у МКС значительно выше, чем у искателей. Все эти особенности координатных АТС создают преимущества при их построении и эксплуатации.

Принцип построения координатной АТС приведен на рис. 1.15. АТС на 10 номеров построена на одном МКС типа 10×10×4. Для обслуживания 10 абонентов имеются четыре шнуровых комплекта: $ШК_1$—$ШК_4$, — которые включены в восемь вертикалей МКС: $ШК_1$ в первую—пятую; $ШК_2$ во вторую—шестую; $ШК_3$ в третью—седьмую и $ШК_4$ в четвертую—восьмую. Одноименные контактные пружины вертикалей соединены параллельно. Вертикали *1—4* образуют ступень *ИВ*, а вертикали *5—8* — ступень *ЛИ*. Абонентские линии включены в поля (выходы) всех восьми вертикалей. Для управления процессом установления соединения имеются регистры и маркеры. Абонентских регистров два: $АР_1$ и $АР_2$, — для выбора которых служит ступень регистрового искания *РИ*. Эту ступень построена на двух последних вертикалях МКС: на девятой и десятой, ко входам которых подключены $АР_1$ и $АР_2$. Первые четыре выхода вертикалей запараллелены, и к ним подключены соответственно $ШК_1$—$ШК_4$.

Маркеры используются на ступенях абонентского искания *МАИ* и регистрового искания *МРИ*.

Процесс установления соединения происходит следующим образом. Пусть абонент *№ 1* вызывает абонента *№ 10*. При снятии трубки абонентом № 1 в $АК_1$ срабатывает реле, контактами кото-

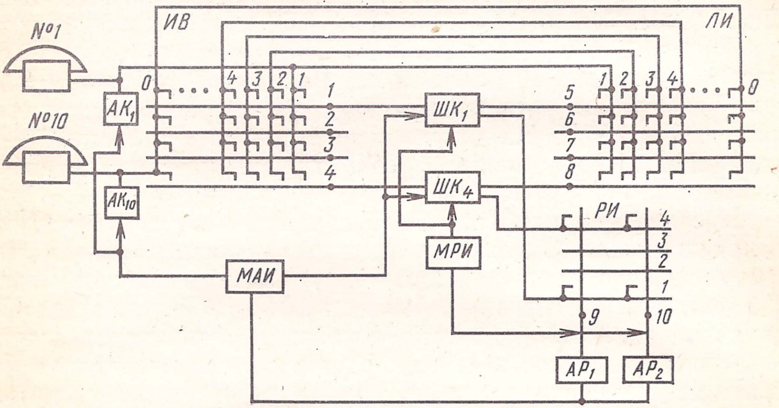


Рис. 1.15. АТС с обратным предысканием на 10 номеров

рого посылается сигнал занятия в *МАИ*. Маркер имеет опознаватель линий, которым он определяет линию вызывающего абонента, затем осуществляет пробу на занятость шнуровых комплектов, отыскивает свободный *ШК* и подключает к нему линию абонента, после чего освобождается. Пусть свободным оказался $ШК_1$. Из схемы этого *ШК* посылается сигнал занятия в маркер регистрового искания *МРИ*. Последний опознает номер шнурового комплекта, осуществляет пробу абонентских регистров и подключает $ШК_1$ к свободному регистру. После этого *МРИ* освобождается. Пусть свободным оказался регистр $АР_2$. В результате указанных процессов абонентский комплект $АК_1$ оказался соединенным с $АР_2$ через $ШК_1$ и ступень *РИ*. Из схемы $АР_2$ вызывающий абонент получает зуммер *Ответ станции* и набирает номер 10. Этот номер принимается регистром, который фиксирует его в своем запоминающем устройстве, затем регистр посылает сигнал занятия в маркер *АИ*, подключается к нему и передает информацию о набранном номере и о номере шнурового комплекта, к которому должен быть подключен вызванный абонент. Маркер *АИ* осуществляет пробу линии вызываемого абонента и, если она свободна, подключает ее к $ШК_1$, затем выдает в регистр сигнал на освобождение и освобождается сам.

Таким образом, устанавливается соединение: аппарат абонента *№ 1*, $АК_1$, вертикаль *1*, $ШК_1$, вертикаль *5*, линия абонента

№ 10. Если в момент пробы линия абонента окажется занятой, то маркер передает в регистр сигнал и оба прибора освобождаются, а вызывающий абонент получает зуммерный сигнал *Занято* из своего *АК* или из *ШК*.

Глава 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ГТС

2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Многоканальной системой передачи электрических сигналов, или просто системой передачи (СП), называется совокупность технических средств, обеспечивающих на одной физической цепи организацию двух и более каналов связи.

Каналом связи называется совокупность линейных и станционных устройств, обеспечивающих передачу одного какого-либо вида информации от отправителя к получателю. Таким видом информации могут служить телефонное или телеграфное сообщение, передача данных, программ вещания, телевидения и т. д. Если канал связи рассчитан на передачу токов тональных частот от 300 до 3400 Гц и имеет характеристики, отвечающие определенным (стандартным или единым) требованиям (нормам), то он называется *стандартным каналом тональной частоты* (ТЧ), или просто каналом ТЧ.

Физической цепью связи называются провода воздушной или кабельной линии, по которым передаются или принимаются электрические сигналы, образованные системой передачи. В зависимости от материала проводов цепи могут быть медными, стальными, алюминиевыми, комбинированными. По числу проводов различают одно-, двух- и четырехпроводные цепи. Цепи бывают *симметричные* и *несимметричные*. В симметричной цепи все провода имеют одинаковую конструкцию и электрические параметры. Примером несимметричной цепи является однопроводная, в которой обратным проводом служит земля.

Линией связи называется конструкция, состоящая из некоторого числа цепей. Линии связи бывают воздушные и кабельные.

В состав оборудования СП входит оборудование *оконечных станций* (ОС) и *промежуточных усилительных пунктов* (УП). Последние бывают *обслуживаемыми* (ОУП) и *необслуживаемыми* (НУП). На УП производится компенсация ослабления и искажений передаваемых сигналов, возникающих при их прохождении по линии связи, а на ОС, кроме того, — преобразование сигналов. На рис. 2.1 приведена структурная схема СП, где для примера имеются два ОУП и один НУП. Участок линии, заключенный между двумя УП или между УП и ОС, называется *усилительным участком*.

Дальность действия СП и число образованных ею каналов ТЧ определяются назначением системы передачи. По этому признаку

СП делятся на СП *местных, внутризоновых* и *междугородных* телефонных сетей. Системы передачи местных сетей образуют сеть каналов ТЧ в пределах города и его пригородов либо в пределах района сельской местности. Дальность их действия не превышает 100 км. Системы передачи внутризоновых сетей объединяют местные сети одной зоны, обеспечивая их соединение друг с другом, а также выход на междугородную сеть страны через автоматическую междугородную телефонную станцию (АМТС) зоны. Дальность действия СП внутризоновых сетей не превышает 600 км. Сеть междугородных каналов ТЧ объединяет АМТС зон и может достигать 12 500 км. Максимальное число зон, на которые разбивается территория нашей страны, может достигать 1000, а номинальная номерная емкость каждой зоны — 8 млн. номеров. Указанным образом создается единая сеть каналов связи, с помощью которых все телефонные сети страны объединяются в Единую автоматизированную систему связи (ЕАСС) страны. Число каналов ТЧ, образованных системами передачи местных сетей, не превышает нескольких десятков (обычно 30, в перспективе — 120), внутризоновых сетей — нескольких сотен, а междугородных сетей — нескольких тысяч.

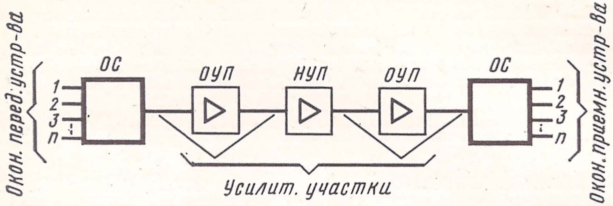


Рис. 2.1. Структурная схема многоканальной системы

2.2. УРОВНИ ПЕРЕДАЧИ

В технике связи мощность, напряжение и силу тока сигнала принято оценивать не в ваттах, вольтах и амперах, а в относительных логарифмических величинах, которые называются *уровнями передачи*. Это, во-первых, упрощает расчеты электрических цепей (умножение и деление чисел заменяется сложением и вычитанием их логарифмов), а во-вторых, соответствует чувствительности уха к звуковым сигналам, которая также подчиняется логарифмическому закону.

Уровни передачи измеряются в децибелах (дБ) и определяются из следующих соотношений: уровень по мощности $P_{\text{м}} = 10 \lg \frac{P_x}{P_0}$, по напряжению $P_{\text{н}} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0}$ и по току $P_{\text{т}} = 20 \lg \frac{I_x}{I_0}$, где P_x, U_x, I_x — мощность, напряжение и ток сигнала в интересующей нас точке x цепи (канала), а P_0, U_0, I_0 — мощность, напряжение и ток, принятые за исходные для сравнения.

Уровни называются *абсолютными*, если за исходные (эталонные) значения приняты: $P_0=1$ мВт; $U_0=0{,}775$ В и $I_0=1{,}29$ мА. Выбор этих величин определяется тем, что эталонный высококачественный микрофон как генератор переменного тока развивает мощность 1 мВт при включении его на согласованную нагрузку 600 Ом. На нагрузке при этом создается падение напряжения $U_0=\sqrt{P_0R_0}=\sqrt{1\cdot10^{-3}\cdot600}=0{,}775$ В и течет ток $I_0=\sqrt{P_0R_0}=\sqrt{1\cdot10^{-3}/600}=1{,}29$ мА. На основании этих данных введено понятие нормального генератора. *Нормальным* называется генератор с ЭДС, равной 1,55 В, активным внутренним сопротивлением 600 Ом, вырабатывающий колебания с частотой 800 Гц. На нагрузке в 600 Ом такой генератор дает эталонные значения тока и напряжения.

Абсолютные уровни по мощности, напряжению и току равны между собой, если они измеряются в точке цепи (канала) с входным сопротивлением 600 Ом. Для случая другого сопротивления R_x справедливы следующие формулы пересчета: $P_{\text{м}}=P_{\text{н}}-10\lg\frac{R_x}{600}$ и $P_{\text{м}}=P_{\text{т}}+10\lg\frac{R_x}{600}$.

Уровни называются *относительными*, если они определяются в сравнении с мощностью, напряжением и током, взятыми в какой-либо специально оговоренной точке цепи. Если за такую точку принять начало цепи, то относительные уровни покажут, как меняется сигнал при его распространении вдоль цепи.

На практике часто пользуются измерительными уровнями. *Измерительным* называется абсолютный уровень в некоторой точке, измеренный при подаче входного сигнала с нулевым уровнем от нормального генератора.

Нулевыми, а также *положительными* и *отрицательными* уровни считаются в зависимости от величины сигнала. Если сигнал в измеряемой точке равен исходному, принятому за единицу сравнения, то уровень в этой точке равен нулю (что, естественно, не означает отсутствия сигнала вообще). Уровни передачи положительны, если сигнал больше исходного, и отрицательны, если меньше исходного. Это следует из того, что логарифмы чисел, больших 1, положительны, меньших 1 — отрицательны, а логарифм 1 равен нулю. Если, например, U_x больше, чем $U_0=0{,}775$ мВ, то $\frac{U_x}{U_0}$ больше 1, $\lg\frac{U_x}{U_0}$ больше 0, а это означает, что уровень передачи в точке x положителен.

В тех же единицах, что и уровни, т. е. в децибелах, измеряются также *усиление* и *ослабление электрических сигналов*.

2.3. СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ

По способу разделения каналов различают СП с *частотным* (ЧРК) и *временным* (ВРК) разделением каналов.

В системах передачи с ЧРК для каждого из каналов отводится определенная полоса частот $\Delta f_{\text{кан}}$, в пределах которой осуществляется передача сигналов одного канала (обычно $\Delta f_{\text{кан}}$ равна 4 или 8 кГц). Частотные полосы различных каналов примыкают друг к другу, образуя полосу частот *группового* или *многоканального* сигнала. Групповой сигнал, передаваемый по линии связи, называется *линейным* сигналом.

В системах передачи с ЧРК сигналы всех каналов системы передаются *одновременно*, а полоса частот Δf группового (линейного) сигнала определяется из выражения $\Delta f = \Delta f_{\text{кан}} N$, где N — число каналов в системе. Спектр частот этой полосы заключен между *граничными* частотами f_{min} (минимальная частота спектра) и f_{max} (максимальная частота спектра), причем $\Delta f = f_{max} - f_{min}$. По ширине частотных полос групповой и линейный сигналы одинаковы, а по спектру и порядку следования частотных полос каналов они могут либо совпадать, либо различаться между собой.

Для переноса исходных (разговорных) токов различных каналов в нужную область частотного спектра, а также формирования (образования) групповых и линейных сигналов системы передачи используются *преобразователи частоты (ПЧ)*. Если преобразование производится с целью формирования линейного спектра частот, то *ПЧ*, участвующие в этом преобразовании, называются *модуляторами* (индивидуальными *М* и групповыми *ГМ*). Обратное преобразование выполняется *ПЧ*, которые называются *демодуляторами* (индивидуальными *ДМ* и групповыми *ГДМ*). Формирование линейного спектра может включать несколько этапов или ступеней преобразования частоты. Если преобразованию подвергается полоса частот одного канала, то такая ступень называется ступенью *индивидуального* преобразования частоты, если же преобразованию подвергается групповой (линейный) сигнал, то имеет место ступень *группового* преобразования частоты.

Полезными продуктами преобразования являются верхние и нижние боковые полосы частот. Области спектра, занимаемые этими боковыми полосами частот, определяются частотой несущего тока $f_{\text{н}}$, питающего *ПЧ*. *Верхней* боковой полосой частот называется продукт преобразования вида $(f_{\text{н}} + \Delta f_{\text{мод}})$, а *нижней* — продукт преобразования вида $(f_{\text{н}} - \Delta f_{\text{мод}})$, где $\Delta f_{\text{мод}}$ — полоса частот преобразуемого (*модулирующего*) сигнала. Для передачи преобразованного сигнала может использоваться любая из боковых полос частот, которая в этом случае выделяется полосовыми фильтрами *ПФ*. В формировании нужных частотных полос участвуют также фильтры верхних и нижних частот, направляющие, линейные и другие типы фильтров.

Принцип построения трехканальной системы передачи с ЧРК поясняется на рис. 2.2*а*.

От абонентов *1, 2, 3* сообщения с исходным спектром ΔF и граничными частотами $F_{\text{н}}$ (нижняя) и $F_{\text{в}}$ (верхняя) через фильтры нижних частот *Ф* с частотой среза $F_{\text{в}}$ поступают на индивидуальные модуляторы *М* каналов. На выходе каждого из моду-

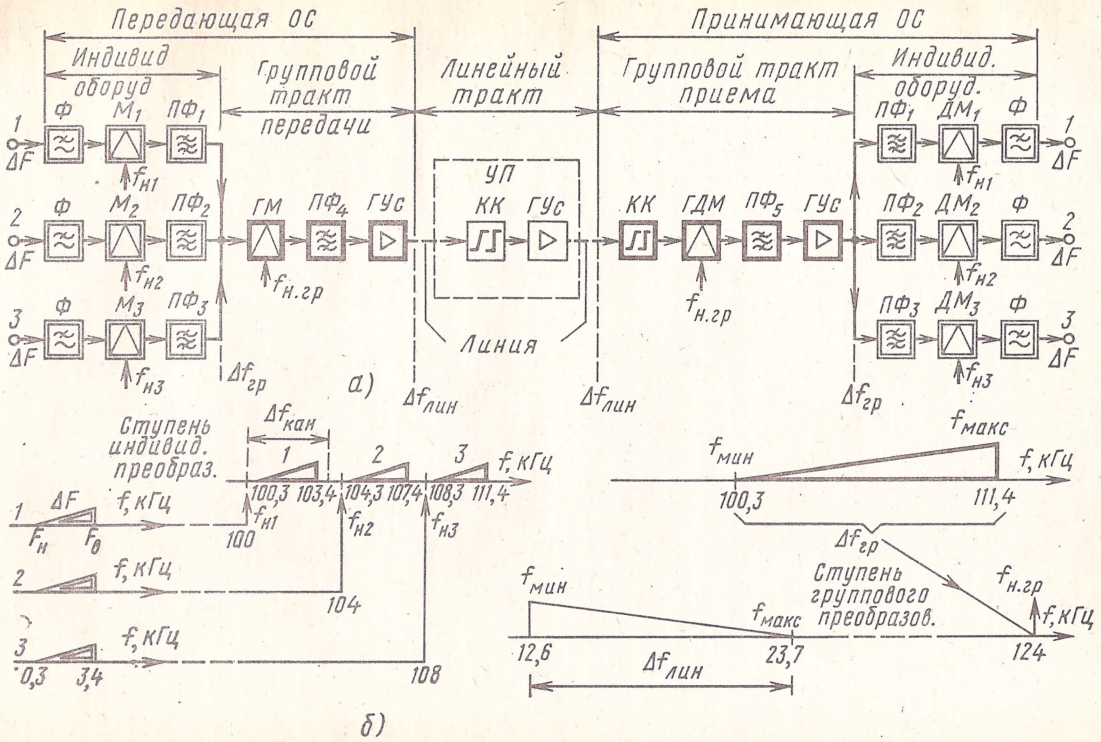

Передающая ОС
Индивид оборуд
Групповой тракт передачи
Линейный тракт
Принимающая ОС
Групповой тракт приема
Индивид. оборуд.
1 ΔF
2 ΔF
3 ΔF
Ф
М1
М2
М3
ПФ1
ПФ2
ПФ3
fн1
fн2
fн3
ГМ
ПФ4
ГУс
fн.гр
УП
КК
ГУс
Линия
КК
ГДМ
ПФ5
ГУс
fн.гр
ПФ1
ПФ2
ПФ3
ДМ1
ДМ2
ДМ3
Ф
Δfгр
Δfлин
Δfлин
Δfгр
а)
Ступень индивид. преобраз.
Δfкан
1
2
3
f, кГц
100,3
103,4
104,3
107,4
108,3
111,4
fн1
fн2
fн3
ΔF
Fн
Fв
100
104
108
0,3
3,4
fмин
fмакс
100,3
111,4
Δfгр
Ступень группового преобразов.
fмин
fмакс
fн.гр
12,6
23,7
124
Δfлин
б)

Рис. 2.2. Принцип построения системы передачи с ЧРК

ляторов образуются продукты преобразования вида ($f_н \pm \Delta F$), верхние из которых выделяются полосовыми фильтрами *ПФ*, образуя групповой многоканальный сигнал $\Delta f_{гр}$. Групповой модулятор *ГМ* с несущей частотой $f_{н.гр}$ совместно с полосовым фильтром *ПФ*$_4$ преобразует этот сигнал в линейный $\Delta f_{лин}$ (*ПФ*$_4$ выделяет нижнюю боковую полосу модуляции). Усиленный групповым усилителем *ГУс* линейный сигнал поступает в линию. Образование линейного спектра и принятые для примера числовые значения исходных и результирующих частот показаны на рис. 2.2*б*. При изучении этого рисунка особое внимание следует обратить на то, что порядок расположения частотных полос каналов в групповом и линейном сигналах различен.

По мере передачи по линии связи линейный сигнал ослабляется и искажается. Для его *коррекции* и *усиления* через определенные расстояния устанавливаются промежуточные усилительные пункты (*УП*).

На принимающей оконечной станции после коррекции принятый линейный сигнал преобразуется в обратном порядке. С помощью группового демодулятора *ГДМ* с несущей частотой $f_{н.гр}$ и полосового фильтра *ПФ*$_5$ линейный сигнал из области линейного спектра переносится в область группового спектра частот $\Delta f_{гр}$ (*ПФ*$_5$ выделяет нижнюю боковую полосу частот). Частотные полосы каналов $\Delta f_{кан}$ выделяются соответствующими полосовыми фильтрами *ПФ* и преобразуются демодуляторами *ДМ* с несущими частотами $f_н$. Фильтры нижних частот *Ф* выделяют нижнюю боковую полосу частот, совпадающую с исходным значением (полосой) сигнала, переданного по каналу связи.

Принцип передачи сигналов в одном из направлений поясняет рис. 2.2. Передача сигналов в обратном направлении может осуществляться аналогично по другой паре кабеля (4-проводная однополосная система связи) либо с изменением полосы частот линейного сигнала по той же паре кабеля (2-проводная двухполосная система связи).

В отличие от систем передачи с ЧРК, в *системах передачи с ВРК* передача сигналов различных каналов осуществляется не одновременно, а *поочередно* со сдвигом во времени. В каждый момент времени по линии связи передается сигнал только одного из каналов системы. Передача сигналов по каждому из каналов осуществляется не непрерывно, а *дискретно* через равные промежутки времени (на рис. 2.3*а* через промежутки времени $T_д$). В момент передачи путем кратковременного подключения к каналу [в моменты времени: t_1, $(t_1+T_д)$, $(t_1+2T_д)$ — 1-й канал; t_2, $(t_2+T_д)$ — 2-й канал; ...; t_N, $(t_N+T_д)$ — N-й канал] измеряется *мгновенное* значение передаваемого сигнала или, как говорят, берется *отсчет* (*дискрет* или *проба*) этого сигнала, после чего осуществляется его передача на противоположную оконечную станцию. Процесс взятия отсчетов передаваемого сигнала носит название *дискретизации*, а период $T_д$ — *интервала* или *периода дискретизации*.

Возможность дискретной передачи непрерывных сообщений (сигналов) следует из теоремы В. А. Котельникова, согласно которой любой непрерывный сигнал с ограниченным спектром может быть полностью восстановлен из последовательности его отсчетов (дискретов или проб), если частота взятия отсчетов $t_{д}$ (*частота дискретизации*) не менее чем в 2 раза превышает максимальную частоту спектра передаваемого сигнала F_{max}, т. е. $f_{д} \geqslant 2F_{max}$. Известно, что в системах телефонной связи $F_{max} = 3400$ Гц, тогда $f_{д} = 6800$ Гц. На практике $f_{д}$ принята равной 8 кГц ($F_{max} = 4$ кГц), а период дискретизации $T_{д} = 1/f_{д} = 125$ мкс.

В результате дискретизации вместо непрерывного сигнала получают последовательность импульсов разной амплитуды, воспроизводящих мгновенное значение сигнала, передаваемого по каналу связи в разные моменты времени. Иначе говоря, в результате дискретизации имеет место последовательность импульсов, модулированных по амплитуде, поэтому дискретизация представляет собой особый вид преобразования сигналов — *амплитудно-импульсную модуляцию* (АИМ). Важной особенностью АИМ, отличающей ее от аналоговых методов модуляции, является то, что для восстановления исходного (непрерывного) сигнала из АИМ сигнала не требуется применения нелинейных устройств (демодуляторов), а достаточно лишь АИМ сигнал пропустить через фильтр нижних частот с частотой среза, равной F_{max}.

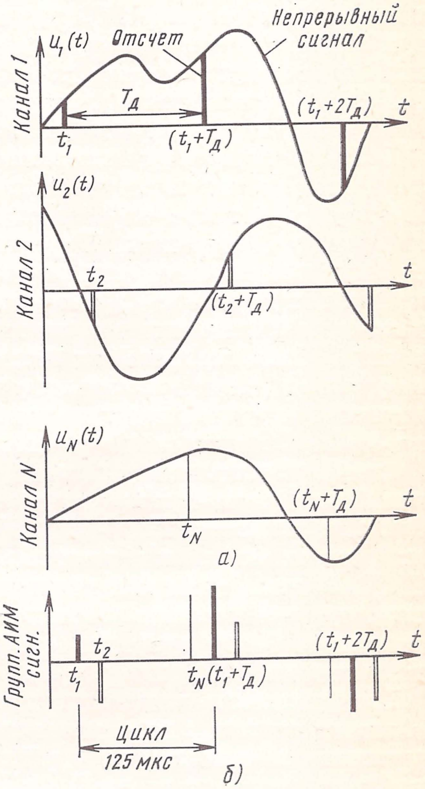


Рис. 2.3. Дискретизация сигнала

Взятие отсчета занимает лишь незначительную долю времени интервала дискретизации (не более нескольких микросекунд). За оставшееся время берутся отсчеты (пробы) остальных каналов системы. В результате получается групповой АИМ сигнал, в котором отсчеты каналов следуют друг за другом, образуя циклы передачи. При этом *циклом* называется набор отсчетов всех каналов, взятых по 1 разу (рис. 2.3*б*). Однако для непосредственной передачи по линии связи АИМ сигнал не пригоден по следующим причинам: 1) уровень сигнала, передаваемого по каналу связи, может принимать любое значение, изменяясь от нуля до максимальной своей величины. Поэтому амплитуда отсчетов, повторяющих мгновенное значение передаваемого сигнала, может также принимать бесчисленное множество значений. По этой причине устройства распознавания значений амплитуды переданного отсчета на приеме должны различать сколь угодно малые ее изменения, что осуществить практически невозможно; 2) при передаче по линии связи АИМ сигнал подвергается действию помех, в результате чего амплитуда отсчетов искажается и не может быть точно восстановлена на приеме. Поэтому до передачи в линию АИМ сигнал вначале подвергается *квантованию по уровню* (дискретизации по уровню), а затем *кодированию.*

В ходе операции квантования по уровню или просто квантования все бесчисленное множество возможных значений амплитуды отсчетов делится на конечное число значений (уровней), *разрешенных* для передачи. В результате этого в линию передается не истинное значение амплитуды отсчета, а ближайшее, разрешенное для передачи (производится как бы округление значений амплитуды передаваемого отсчета до ближайшего разрешенного уровня). Если говорить точнее, то передается не сам разрешенный уровень, а его номер, т. е. определенная цифра, значение (величина) которой перед передачей в линию кодируется в *двоичном коде.* Именно поэтому система, использующая такой метод передачи, называется *цифровой*, а по характеру операций — системой передачи с *импульсно-кодовой модуляцией и временным делением каналов* (ИКМ-ВД). К разряду цифровых систем передачи относятся также системы передачи с *дельта-модуляцией* (ДМ). В этих системах кодируется не абсолютное значение отсчета, а его относительное изменение (приращение или Δ — знак Δ означает букву греческого алфавита «дельта», откуда и произошло название СП).

При двоичном кодировании сигнал, передаваемый в линию, может принимать лишь два значения (логических уровня): 0 — отсутствие импульса или пробел и 1 — наличие импульса. Это позволяет легко *регенерировать* (восстанавливать) сигнал в процессе его передачи и обеспечивает высокую помехозащищенность системы передачи в целом. Последнее является важным достоинством цифровых систем передачи, поскольку позволяет использовать их на линиях связи со значительным уровнем помех (например, на кабелях типа Т городских телефонных сетей).

В самом общем виде принцип построения СП с ВРК поясняется на рис. 2.4. На этом рисунке показаны передающая и принимающая оконечные станции (ОС), а также участок линии связи. Основными элементами ОС являются электронные *распределители* передачи $Р_{пер}$ и приема $Р_{пр}$ (на практике они выполняются бесконтактными), *групповое оборудование* передачи $ГО_{пер}$ и приема $ГО_{пр}$, а также *фильтры нижних частот Ф.* На передающей ОС эти фильтры ограничивают частотные полосы передаваемых сигналов, а на принимающей ОС служат для восстановления исходных (непрерывных) сообщений из последовательности переданных отсчетов. Восстановление двоичного сигнала, передаваемого по линии связи, производится линейными *РЛ* и станционным *РС* регенераторами.

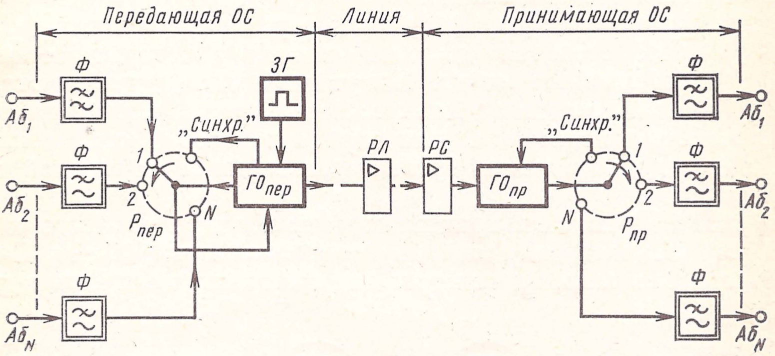


Рис. 2.4. Принцип построения системы передачи с ВРК

Вращаясь с большой скоростью *синхронно* (с одинаковой частотой) и *синфазно* (в одинаковой последовательности), $P_{пер}$ и $P_{пр}$ поочередно замыкают контакты 1, 2, ..., N распределителей, осуществляя передачу сообщений от 1, 2, ..., N абонентов. За каждый полный оборот (*цикл* работы) распределителя производятся однократный отсчет сообщений, передаваемых по каналам системы, и формирование группового АИМ сигнала. Групповое оборудование передачи преобразует отсчеты АИМ сигнала в последовательность двоичных символов, передаваемых по линии связи. В процессе передачи *РЛ* осуществляют периодическое восстановление линейного сигнала. На принимающей ОС этот сигнал восстанавливается с помощью *РС*. Групповое оборудование приема преобразует последовательность двоичных символов в последовательность отсчетов группового АИМ сигнала. При замыкании контактов 1, 2, ..., N распределителя приема отсчеты поступают на вход фильтров *Ф* соответствующих каналов, которые осуществляют *демодуляцию* переданных сообщений.

Синхронность и синфазность работы распределителей передачи и приема являются важнейшими факторами, определяющими работоспособность СП в целом. Поэтому скорость работы распределителей задается одним *задающим* (тактовым) генератором *ЗГ*, располагаемым на передающей ОС. Информация о необходимой скорости работы $P_{пр}$ вводится в линейный сигнал и на приеме выделяется оборудованием $ГО_{пр}$. Синфазность работы распределителей проверяется специальным сигналом *синхронизации* в каждом цикле (при каждом обороте распределителя) в момент замыкания контактов «Синхр» распределителей $P_{пер}$ и $P_{пр}$. При нарушении синфазности в работе распределителей производится необходимая коррекция.

Рассмотренный рисунок поясняет принцип работы СП лишь в одном из направлений передачи. В обратном направлении работа СП строится аналогично, однако для этого необходима вторая пара проводов. Эта пара проводов может располагаться в том же кабеле (однокабельная система связи) или в разных кабелях (двухкабельная система связи).

В заключение рассмотрим принципы разделения цепей (каналов) без преобразования сигналов, в основу которых положен метод *уравновешенного моста*. Полученные цепи используются в качестве вспомогательных и называются *искусственными* или *фантомными*. Они используются для передачи токов дистанционного питания, телеграфирования, организации каналов служебной связи и других целей.

На рис. 2.5*а* показан принцип организации телефонного и телеграфного каналов на одной двухпроводной цепи (схема Пикара). Здесь телефонные и телеграфные аппараты включены в разные диагонали мостовой схемы, образованной полуобмотками дифференциальных трансформаторов и проводами цепи. Телеграфный канал организуется по несимметричной однопроводной цепи (второй провод — земля), а телефонный канал — по симметричной двухпроводной цепи. При передаче телеграфного сообщения ток I_0, поступающий от телеграфного аппарата; делится в средней точке трансформатора на два равных и противоположно направленных тока, поэтому ЭДС во вторичной обмотке трансформатора не наводится, что исключает влияние цепей друг на друга. Для повышения взаимной защищенности цепей в цепь телеграфных аппаратов дополнительно включают фильтры нижних частот *ФНЧ* с частотой среза 120—150 Гц (напомним, что телефонный

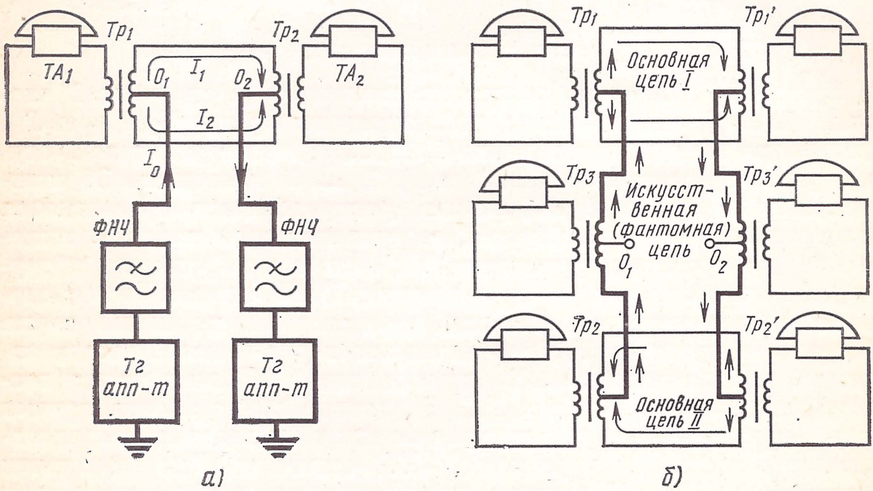


Рис. 2.5. Способы образования искусственных цепей

канал работает в спектре 300—3400 Гц). На рис. 2.5*б* показан принцип организации симметричной фантомной цепи через средние точки линейных трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$ двух основных цепей — *I* и *II*.

Здесь разделение каналов по частоте невозможно, так как все три канала — телефонные, сигналы которых занимают одинаковый спектр частот. Для исключения взаимных переходов между каналами требуется полное равновесие мостовой схемы (симметрия относительно прямой O_1—O_2), что возможно только на кабельных линиях, предварительно отсимметрированных.

2.4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ

Городские телефонные сети (ГТС) обслуживают население, предприятия и учреждения, расположенные в черте города и его пригородов. Номерная емкость ГТС может составлять от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов номеров, а дальность действия телефонной связи — от единиц до нескольких десятков километров.

В зависимости от размеров зоны обслуживания и плотности населения ГТС могут строиться по принципам *районирования* и *узлообразования.* В обоих случаях абоненты включаются в ближайшую районную автоматическую телефонную станцию (АТС) посредством абонентских линий (АЛ, рис. 2.6*а* и *б*). Если емкость сети не превышает 10 тыс. номеров, а зона обслуживания телефонной связью невелика, то сеть связи строится с применением одной АТС и в этом случае сеть телефонной связи называется *нерайонированной.* При большой зоне обслуживания устанавливается несколько *районных* АТС (РАТС), в каждую из которых включаются абоненты, расположенные в непосредственной от нее близости, а сами РАТС соединяются между собой по принципу «каждая с каждой» с помощью *соединительных линий* (СЛ). Сеть в этом случае называется *районированной.*

Соединительные линии ГТС являются линиями одностороннего действия, а по характеру устанавливаемого соединения подразделяются на *исходящие* и *входящие.* По исходящим СЛ устанавливается соединение от РАТС одного района к РАТС других районов, а по входящим СЛ РАТС одного района принимает соединения от РАТС других районов. Нетрудно уяснить, что исходящая СЛ РАТС одного района является входящей СЛ для РАТС другого района. Независимо от типа СЛ разговор по ней является *двусторонним.*

Номинальная емкость районированных телефонных сетей обычно не превышает 100 тыс. номеров. При большей номерной емкости и значительной зоне обслуживания ГТС строятся по принципу *узлообразования.* В этом случае РАТС каждого из районов города (пригорода) соединяются с узловой станцией или *узлом*, а узлы различных районов — посредством СЛ между собой по принципу «каждый с каждым». Такое построение удешевляет строительство крупных телефонных сетей, так как число дорогих и протяженных межузловых СЛ существенно сокращается по сравнению с их числом на районированной ГТС. Как и при районированной ГТС, межузловые СЛ делятся на исходящие и входящие.

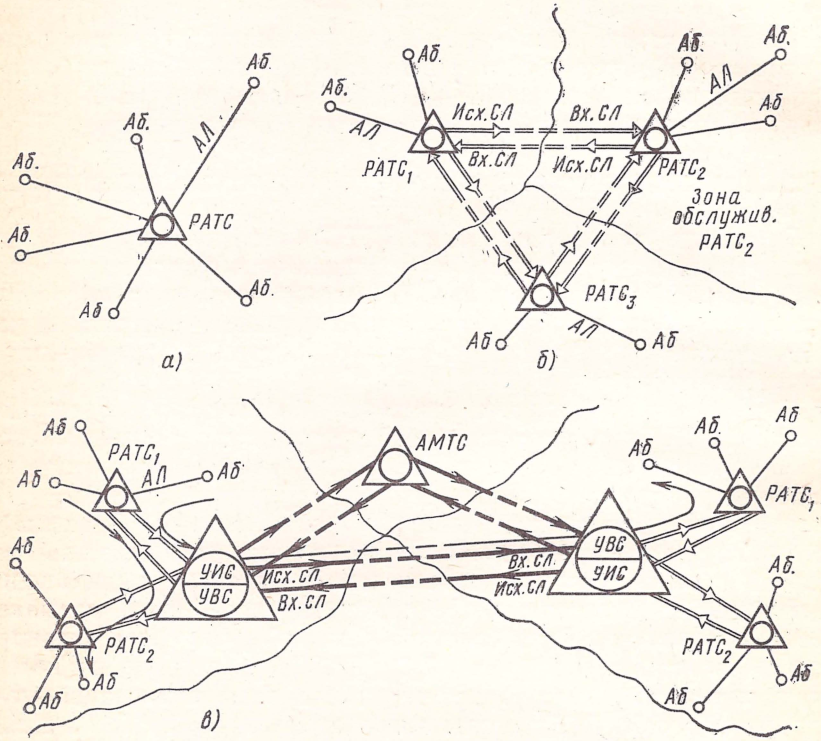

Аб.
Аб.
Аб.
АЛ
Аб.
РАТС
Аб.
Аб
а)
Аб.
Аб.
АЛ
Исх.СЛ
Вх.СЛ
Вх.СЛ
Исх.СЛ
РАТС$_1$
Аб.
Аб.
АЛ
Аб
РАТС$_2$
Зона обслужив. РАТС$_2$
РАТС$_3$
АЛ
Аб
Аб
б)
Аб
РАТС$_1$
Аб
АЛ
Аб
АМТС
Аб
УИС
УВС
Исх.СЛ
Вх.СЛ
РАТС$_2$
Аб
Аб
УВС
УИС
Вх.СЛ
Исх.СЛ
Аб.
Аб
Аб
РАТС$_1$
Аб.
РАТС$_2$
Аб
Аб
в)

Рис. 2.6. Принципы построения ГТС

В соответствии с этим узлы делятся на узлы *исходящего* (УИС) и *входящего* (УВС) *сообщений*. Часто УИС и УВС располагаются вместе (в одном здании РАТС). При наличии узлов установление соединения между РАТС одного района осуществляется через УИС этого района, а соединение между РАТС различных районов — через УИС и УВС соответствующих районов. На рис. 2.6*в* показан пример установления соединения между абонентами *РАТС*$_1$ и *РАТС*$_2$ одного и между *РАТС*$_1$ разных районов. При выходе на междугородную сеть каждый УИС соединяется с АМТС с помощью исходящих *междугородных* СЛ; прием входящих междугородных сообщений осуществляется по входящим междугородным СЛ.

Важным критерием оценки качества установленного соединения является ослабление сигнала в процессе его передачи от абонента до абонента. В целях обеспечения необходимого качества установления соединений на ГТС приняты нормы *ослабления* сигналов для всех составных участков и соединения в целом. Примерные величины такого ослабления сигналов для районированной ГТС и ГТС с УИС и УВС показаны на рис. 2.7. Приведенные нормы на ослабление сигналов не должны превышаться при любой дальности телефонной связи. Наибольшее затруднение вызывает соблюдение норм на ослабление сигналов на участках УИС—УВС различных районов, так как на крупных ГТС протяженность этих участков может достигать многих десятков километров. В этом случае для обеспечения необходимого качества связи требуется прокладка значительного числа дорогостоящих кабелей с большим диаметром жил, что ведет к удорожанию строительства ГТС и дополнительному расходу дефицитных цветных металлов — меди и свинца. Именно поэтому на крупных телефонных сетях в настоящее время широко применяются многоканальные системы передачи, которые используются на протяженных участках межстанционных и межузловых соединительных линий. Важной особенностью таких систем является возможность получения значительного числа каналов (СЛ) при использовании всего одной или двух цепей (пар) кабеля, причем качество образованных каналов связи и величина вносимого ослабления сигнала в процессе его передачи не зависят от расстояния (протяженности СЛ).

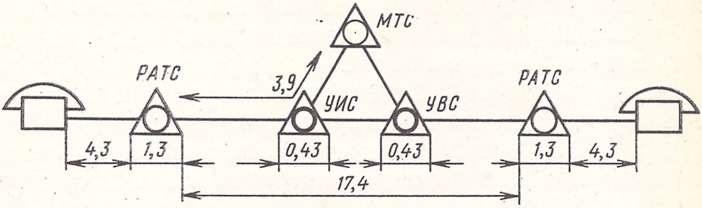


Рис. 2.7. Распределение ослабления сигналов на отдельных участках ГТС

На ГТС находят применение СП с частотным и временным разделением каналов. Следует, однако, подчеркнуть, что СП с ЧРК работают по специальным симметричным кабелям (например, типа МКС), которые нередко требуют новой прокладки. Системы передачи с ВРК могут работать по ранее проложенным более простым и дешевым кабелям (например, типа Т), что является важным достоинством таких систем передачи, из-за которого они находят все большее распространение.

2.5. КАБЕЛИ МЕЖСТАНЦИОННОЙ СВЯЗИ ГТС

Местные телефонные сети содержат: подземные кабели, проложенные в кабельной канализации; бронированные кабели, проложенные в грунте, и воздушные линии, подвешенные на опорах.

Наибольшее применение имеют подземные кабели, прокладываемые в канализации, так как их удобно обслуживать и ремонтировать в процессе эксплуатации, а также прокладывать новые без рытья улиц.

Кабель представляет собой конструкцию, состоящую из некоторого числа изолированных проводников, заключенных в общую влагонепроницаемую оболочку.

По своему назначению кабели делятся на *магистральные*, *городские* и *сельские*, а по конструкции пар — на *симметричные* и *коаксиальные*. Так как последние до настоящего времени не используются на ГТС, то ниже рассматриваются только симметричные кабели.

Симметричные кабели различают по способу скрутки жил, роду их изоляции, материалу защитной оболочки и другим конструктивным особенностям.

Токоведущие жилы кабелей должны обладать высокой электрической проводимостью, гибкостью и механической прочностью. Этим требованиям удовлетворяют медь и алюминий. Жилы городских кабелей изготовляют из меди диаметром 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 мм, а магистральных — от 0,8 до 1,4 мм. Диаметр алюминиевых жил больше, чем медных, и достигает 1,8 мм для магистральных кабелей. Материал, применяемый для изоляции жил, должен обладать высокими электрическими характеристиками, быть гибким и прочным. В качестве изоляционных материалов применяют кабельную бумагу, полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и другие материалы. В магистральных кабелях полиэтиленовая изоляция делается сплошной либо кордельной. Кордель из изоляционного материала накладывается спирально на жилу, а поверх корделя навивается лента из того же материала (рис. 2.8). Оболочка кабеля изготовляется из свинца, полиэтилена, поливинилхлорида. Поверх оболочки кабель может иметь защитный покров — броню; кабели, не имеющие брони, называются голыми. Такие кабели прокладываются в кабельной канализации, по стенам домов или подвешиваются на тросах. Для прокладки непосредственно в земле применяются кабели, у которых поверх оболочки имеются слой просмоленной пряжи (джут) и броня из стальных лент. Поверх брони накладывается еще слой джута, пропитанного битумным составом.

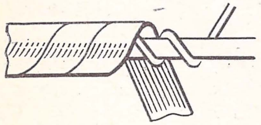


Рис. 2.8. Кордельная изоляция жил кабеля

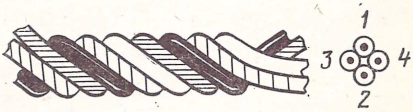


Рис. 2.9. Звездная скрутка жил кабеля

Для уменьшения электромагнитного влияния между цепями и повышения защищенности от внешних помех жилы кабеля свивают в группы. Наиболее распространены типы скруток парная и звездная. При парной скрутке две жилы с разным цветом изоляции свиваются в пару. При звездной скрутке (рис. 2.9) четыре жилы свиваются так, что сечение этой четверки как бы представляет собой квадрат, в противолежащих углах которого располагаются жилы одной пары (*1—2*, *3—4*).

В соответствии с конструкцией кабелям присваивается разная маркировка. Городские телефонные кабели имеют марку Т и изготовляются без брони (ТГ) и с броней (ТБ). В этих кабелях изоляция жил бумажная, скрутка парная, оболочка свинцовая. Емкость кабелей марки ТГ может достигать 1200 пар, а марки ТБ — не более 600 пар. В настоящее время на ГТС широко применяются кабели с изоляцией и оболочкой из полиэтилена (ТПП) и поливинилхлорида (ТПВ). Скрутка жил таких кабелей парная и четверочная звездой. Максимальная емкость 600 пар. Магистральные симметричные кабели имеют марки:

МК — магистральный кабель с кордельно-бумажной изоляцией жил в свинцовой оболочке. Изготовляется емкостью три, четыре, семь четверок, звездной скрутки, диаметром жилы 1,2 мм. В зависимости от типа броневого покрова имеет марки: МКГ, МКБ, МКП и МКК, что означает соответственно, голый, бронированный стальными лентами, плоскими или круглыми проволоками. По таким кабелям передают токи частотой до 250 кГц;

МКС (МКСГ, МКСБ, МКСП и МКСК) — магистральный кабель с кордельно-стирофлексной изоляцией жил и свинцовой оболочкой. Емкость кабеля может составлять одну, две, три, четыре и семь четверок;

МКСА — магистральный кабель с кордельно-стирофлексной изоляцией жил и алюминиевой оболочкой. Поверх оболочки такие кабели имеют покрытие из полиэтиленового шланга и маркируются: МКСАП, МКСАПБ, МКСАПК.

Кабели с кордельно-стирофлексной изоляцией предназначены для передачи токов частотой до 550 кГц.

Для устройства низкочастотных соединительных линий между РАТС, РАТС и МТС применяются кабели с бумажно-кордельной изоляцией жил, звездной скруткой и диаметром жилы 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4 мм. Эти кабели имеют марку ТЗ (ТЗГ, ТЗБ, ТЗП, ТЗК).

На соединительных линиях ГТС, образованных посредством систем передачи, применяются преимущественно магистральные кабели марки МКС с диаметром жилы 1,2 мм.

Кабели сельской связи имеют упрощенную конструкцию и содержат только одну пару или четверку жил из медного или алюминиевого провода. Марки этих кабелей: ВТСП и КСПВ — одночетверочные и ПРППМ и ПРППА или ПРПВА и ПРПВМ — однопарные.

Электрические характеристики кабелей определяются параметрами передачи и параметрами влияния. *Параметры передачи* характеризуют процесс распространения электромагнитной энергии по цепи, а *параметры влияния* — переход энергии с одной цепи на другую и защищенность цепей от взаимных и внешних помех.

Двухпроводная кабельная цепь обладает активным сопротивлением R, индуктивностью L, емкостью C и проводимостью изоляции G. Эти параметры называются *первичными параметрами передачи* и зависят от конструкции кабеля и частоты передаваемого тока. Так, сопротивление постоянному току зависит от материала, сечения, длины провода и температуры. Сопротивление переменному току зависит еще и от частоты, возрастая с увеличением последней. Это явление известно под названием поверхностного эффекта и объясняется тем, что чем выше частота тока, тем он больше вытесняется на поверхность проводника. Это равносильно уменьшению сечения провода, так как внутренняя поверхность его при этом не используется.

К параметрам передачи относятся также волновое сопротивление и коэффициент затухания, которые называются *вторичными параметрами передачи. Волновое сопротивление* Z — это сопротивление, которое встречает электромагнитная волна при своем распространении по кабельной цепи. Оно зависит от первичных параметров и частоты тока, уменьшаясь с увеличением частоты[1], и не зависит от длины линии. *Коэффициент затухания* α показывает, насколько ослабляется ток, пройдя по кабельной цепи длиной в 1 км. Измеряется в децибелах на километр (дБ/км).

Переходное влияние между цепями вызывается индуктивными и емкостными связями между ними и проявляется в виде переходного разговора или шума.

На рис. 2.10*а* приведены две параллельно расположенные цепи — *I* и *II*. Когда по цепи *I* передается разговор, то в цепи *II* он может прослушиваться. Это объясняется тем, что оба провода цепи *II* находятся на разном расстоянии от проводов цепи *I*,

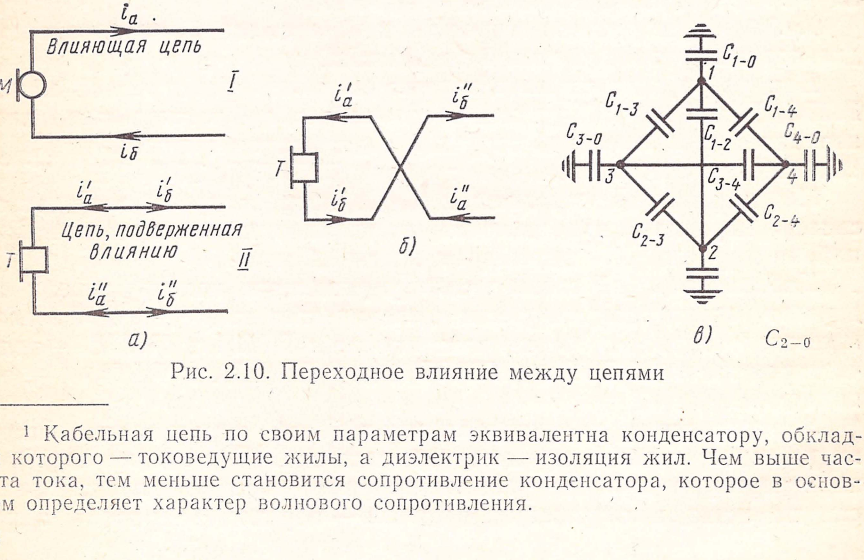


Рис. 2.10. Переходное влияние между цепями

вследствие чего в них индуцируются различные по величине токи: $i_а$ — ток провода *а* цепи *I*, а $i'_а$ и $i''_а$ — вызванные им токи в проводах цепи *II*; $i_б$ — ток провода *б* в цепи *I*, а $i'_б$ и $i''_б$ — вызванные им токи в проводах цепи *II*. Из-за неравенства этих токов через телефон цепи *II* потечет некоторый разностный ток, равный $(i'_а+i'_б)-(i''_а+i''_б)$.

---

[1] Кабельная цепь по своим параметрам эквивалентна конденсатору, обкладки которого — токоведущие жилы, а диэлектрик — изоляция жил. Чем выше частота тока, тем меньше становится сопротивление конденсатора, которое в основном определяет характер волнового сопротивления.

Для уменьшения влияющего тока необходимо расположить оба провода цепи, подверженной влиянию, на одинаковом расстоянии от проводов влияющей цепи. Этого добиваются путем скрещивания проводов, т. е. периодического изменения их взаимного расположения (рис. 2.10*б*).

Влияние между цепями через индуктивные связи особенно велико в области высоких частот. В низкочастотном диапазоне наибольшее значение имеют емкостные связи, возникающие вследствие того, что в кабеле различны емкости между жилами соседних пар или между жилами разных пар одной четверки.

На рис. 2.10*в* изображена четверка звездной скрутки: *1, 2,* — жилы первой пары и *3, 4* — жилы второй пары. Как видно из рисунка, между любыми двумя жилами имеется некоторая емкость. Для отсутствия переходного влияния с одной цепи на другую необходимо, чтобы выполнялось равенство $(C_{1-3}+C_{2-4})=(C_{1-4}+C_{2-3})$, а для отсутствия помех со стороны соседних электрических установок требуется еще симметрия цепей по отношению к земле (свинцовой оболочке), т. е. чтобы $(C_{1-0}-C_{2-0})$ было равно $(C_{3-0}-C_{4-0})$.

Для уменьшения перехода токов кабели *симметрируют*. Для этого по результатам измерения указанных выше емкостей подключают к жилам дополнительные конденсаторы, а также скрещивают жилы разных участков кабеля, чтобы создать максимальную симметрию жил и цепей в кабеле.

Однако вследствие конструктивных неоднородностей в кабеле невозможно полностью устранить взаимные влияния между цепями. Техническими условиями устанавливаются их допустимые величины. Степень взаимного влияния цепей оценивается *переходным затуханием*, под которым понимают затухание, претерпеваемое током при переходе с одной цепи на другую. Высокое переходное затухание обеспечивает надежную защищенность между цепями. *Защищенностью* от переходных влияний называется разность уровней полезного сигнала и помехи, возникшей вследствие перехода токов в данную цепь извне.

2.6. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ НА ГТС

Особенности применения многоканальных СП на ГТС определяются характером их использования в условиях разветвленной (сильно районированной) автоматической телефонной сети, как правило, большой номерной емкости. В этих условиях необходимо иметь десятки и сотни тысяч каналов связи. Поэтому важно, чтобы оконечное и промежуточное оборудование СП имело невысокую стоимость и малые габариты, было надежно в работе, а также обеспечивало возможность стыковки (соединения) оконечного оборудования СП с оборудованием АТС и АМТС.

Исходя из этих требований, оборудование таких систем передачи имеет *упрощенные* схемные и конструктивные решения, небольшие габариты и экономически выгодно к применению на расстояниях, превышающих 10—15 км. Каналы СП, предназначенных для использования на участках межстанционных и межузловых соединительных линий, обеспечивают передачу *тональных* (разговорных) частот, а также *сигналов управления и взаимодействия* (СУВ) между АТС. Разговорные частоты передаются по каналу ТЧ с полосой пропускания 300—3400 Гц, а СУВ — по *выделенным* (одному или двум) двусторонним сигнальным каналам (СК). Поскольку сигнальные каналы СП сами по себе не обеспечивают передачи нужных полярностей и величин токов СУВ, то для преобразования сигналов АТС в форму, пригодную для передачи по СК системы передачи, а также для обратного преобразования их на приеме предусмотрены *согласующие комплекты* (релейные *РСЛУ* и электронные *СУ*), включаемые на стыке оконечного оборудования СП с оборудованием АТС. Аналогичные комплекты используются на стыке оборудования СП с оборудованием АМТС.

В общем виде структурная схема соединительной линии, образованной системой передачи, имеет вид, показанный на рис. 2.11.

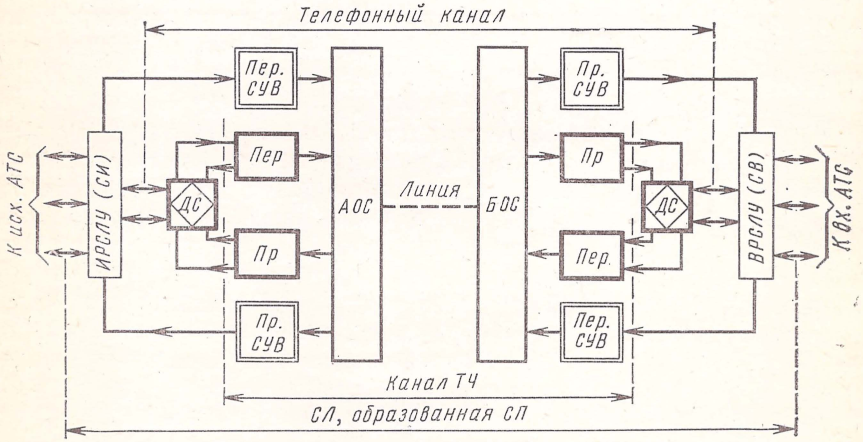


Рис. 2.11. Структурная схема СЛ, образованной системой передачи

На этом рисунке 4-проводный канал ТЧ с помощью дифсистемы *ДС* объединяется в двухпроводный телефонный канал. Индивидуальное оборудование канала (передатчик *Пер* и приемник *Пр*) включается в оборудование оконечных станций системы передачи АОС и БОС. Передача СУВ в обоих направлениях передачи осуществляется передатчиками (*Пер. СУВ*) и приемниками СУВ (*Пр. СУВ*). Согласование оборудования ОС с оборудованием АТС осуществляется исходящим согласующим комплектом *ИРСЛУ* (*СИ*) на исходящей АТС и входящим согласующим комплектом *ВРСЛУ* (*СВ*) — на входящей АТС. На участке междугородной связи вместо *ИРСЛУ* и *ВРСЛУ* включаются междугородные согласующие комплекты *ИРСЛУМ* (*СИ*) и *ВРСЛУМ* (*СВМ*) соответственно.

В настоящее время на ГТС страны находят применение следующие многоканальные системы передачи: системы передачи с ЧРК на 30 телефонных каналов типов КРР-М и КАМА, а также разновидность системы передачи с ВРК на 30 телефонных каналов — система передачи с импульсно-кодовой модуляцией и временным делением каналов (ИКМ-ВД) типа ИКМ-30. В качестве согласующих используются релейные *РСЛУ* (исходящие, входящие и междугородные) и квазиэлектронные *СУ* (*СИ, СВ, СВМ*) комплекты.

Глава 3. СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК

3.1. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК

В любой системе передачи должно быть обеспечено не только разделение сигналов по отдельным каналам, но и разделение групповых многоканальных сигналов по направлениям работы (передача, прием). Для этого может быть использована либо однополосная четырехпроводная система, либо двухполосная двухпроводная.

В *однополосной системе* (рис. 3.1) передача многоканальных сигналов в обоих направлениях ведется на одних и тех же частотах (полоса частот от f_1 до f_2), но по разным двухпроводным цепям (по двум парам кабеля). Для уменьшения взаимного влияния между цепями их берут из разных кабелей, проложенных между данными пунктами; поэтому такие системы называются также *двухкабельными.* Обе оконечные станции в этом случае одинаковы, так как передают и принимают сигналы, расположенные в одной и той же полосе частот.

Как видно из рисунка, ОС содержат индивидуальное и групповое оборудование. Индивидуальное, т. е. оборудование одного канала, содержит в передающей части модулятор *М*, а в приемной части — демодулятор *ДМ*, к которым через разделительное устройство — дифсистему *ДС* — подключены приборы АТС. Дифсистема разделяет сигналы тональной частоты, проходящие при передаче разговора от приборов АТС в передающую часть канала и при приеме разговора из приемной части канала к приборам АТС. Групповое оборудование содержит два усилителя, каждый из которых усиливает многоканальный сигнал соответствующего направления: групповой усилитель передачи $Гус_{пер}$ и груп-

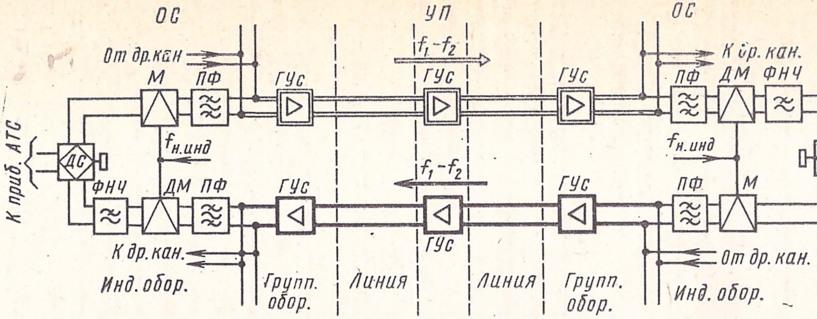

ОС
УП
ОС
От др.кан
f_1-f_2
К др.кан.
М
ПФ
ГУс
ГУс
ГУс
ПФ
ДМ
ФНЧ
К приб. АТС
ДС
$f_{н.инд}$
$f_{н.инд}$
ДС
К приб. АТС
f_1-f_2
ФНЧ
ДМ
ПФ
ГУс
ГУс
ПФ
М
ГУс
К др.кан.
От др.кан.
Инд.обор.
Групп. обор.
Линия
Линия
Групп. обор.
Инд. обор.

Рис. 3.1. Однополосное четырехпроводное построение СП

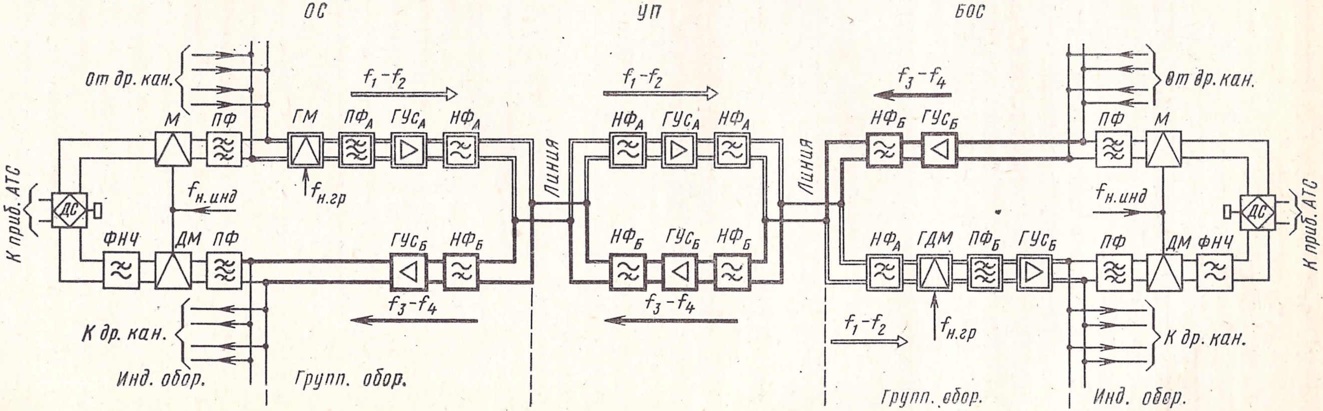

ОС
УП
БОС
От др. кан.
f_1-f_2
f_1-f_2
f_3-f_4
От др.кан.
М
ПФ
ГМ
$ПФ_А$
$ГУс_А$
$НФ_А$
$НФ_А$
$ГУс_А$
$НФ_А$
$НФ_Б$
$ГУс_Б$
ПФ
М
К приб. АТС
ДС
$f_{н.инд}$
$f_{н.гр}$
Линия
Линия
$f_{н.инд}$
ДС
К приб. АТС
ФНЧ
ДМ
ПФ
$ГУс_Б$
$НФ_Б$
$НФ_Б$
$ГУс_Б$
$НФ_Б$
$НФ_А$
ГДМ
$ПФ_Б$
$ГУс_Б$
ПФ
ДМ
ФНЧ
f_3-f_4
f_3-f_4
f_1-f_2
$f_{н.гр}$
К др. кан.
К др. кан.
Инд. обор.
Групп. обор.
Групп. обор.
Инд. обор.

Рис. 3.2. Двухполосное двухпроводное построение СП

повой усилитель приема $ГУс_{\text{пр}}$. Такие же усилители устанавливаются и на промежуточных усилительных пунктах. УП.

В двухполосной системе (рис. 3.2) используется одна двухпроводная цепь (пара кабеля), по которой сигналы разных направлений передаются на разных частотах (полосы f_1—f_2 и f_3—f_4). Системы, использующие одну пару кабеля, называются также *однокабельными.* В такой системе имеется два типа оконечных станций АОС и БОС, отличающихся тем, что станция *А* передает многоканальный сигнал в полосе частот f_1—f_2, а принимает со станции *Б* в полосе частот f_3—f_4, а станция *Б* — наоборот. Индивидуальное оборудование двухполосной системы строится так же, как и однополосной, а групповое оборудование станций *А* и *Б* различно. Как видно из рисунка, станция *Б* передает, а станция *А* принимает групповой сигнал в полосе исходных частот f_3—f_4, для которых не требуется дополнительное преобразование. Станция же *А* передает, а станция *Б* принимает групповой сигнал в полосе частот f_1—f_2. Для получения токов этих частот в передающем тракте станции *А* устанавливается групповой модулятор *ГМ*, а для их обратного преобразования в токи исходных частот f_3—f_4 — в приемном тракте станции *Б* — групповой демодулятор *ГДМ*.

В соответствии с передаваемыми частотами используются и разные фильтры: $НФ_{\text{А}}$ для одного направления работы и $НФ_{\text{Б}}$ — для другого. Это пара фильтров нижних и верхних частот, из которых $НФ_{\text{А}}$ пропускает токи с частотой не выше f_2, а $НФ_{\text{Б}}$ пропускает токи с частотой не ниже f_3. Фильтры называются направляющими[1].

Однополосные и двухполосные системы, имея разное построение своего оборудования, в электрическом отношении эквивалентны, так как в обеих для каждого направления передачи имеется отдельный тракт: в однополосной это — пара кабеля, в двухполосной —отдельная полоса частот.

Независимо от способа построения все системы передачи с ЧРК содержат ряд типовых устройств, которые называются *узлами.* Основные из них: преобразователи частоты, фильтры, усилители, генераторы, корректирующие и выравнивающие контуры, ограничители больших амплитуд, устройства АРУ, дифференциальные системы и др. Большинство из них четырехполюсники, имеющие два зажима (полюса) для подключения источника сигнала, т. е. предшествующего узла, и два зажима для подключения нагрузки, т. е. последующего узла. Рассмотрим названные выше узлы.

3.2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

В системах передачи любая информация преобразуется в электрический сигнал, который занимает определенный спектр частот. Под преобразованием частоты подразумевают перенос сигнала этой информации из одного частотного диапазона в другой. В многоканальных системах передачи преобразование частоты сигнала производится в каждом канале дважды: на передающем конце канала сигналы тональной частоты преобразуются в высокочастотные сигналы, а на приемном конце — наоборот. В групповом оборудовании системы передачи может производиться дополнительное преобразование многоканального сигнала в тот частотный диапазон, в котором он будет передаваться по линии.

---

[1] Старое обозначение пары направляющих фильтров — *ДК*.

Как уже указывалось ранее, для преобразования частоты какого-либо сигнала необходимо подать на преобразователь ток этого сигнала и ток несущей частоты. Полученный в результате их одновременного воздействия на преобразователь сигнал называется *модулированным*, т. е. измененным. Так как ток несущей частоты является переменным током синусоидальной формы, то его мгновенное значение i характеризуется тремя параметрами: амплитудой I_m, частотой f и начальной фазой φ $[i=I_m \sin(2\pi f t+\varphi)]$. Воздействуя на любой из этих параметров, получают соответственно амплитудную модуляцию АМ, частотную ЧМ и фазовую ФМ. В современных системах передачи наибольшее применение имеет АМ благодаря простоте схем амплитудных модуляторов и сравнительно узкой полосе частот, занимаемой модулированным сигналом.

Обязательной частью любого преобразователя частоты является нелинейный элемент, например диод, транзистор. *Нелинейным* называется такой элемент, при включении которого в электрическую цепь в ней нарушается прямая пропорциональная (линейная) зависимость между приложенным напряжением и протекающим током. Цепь в этом случае также нелинейна. В отличие от линейных цепей, параметры которых определяются по закону Ома ($I=\kappa U$, где $\kappa=1/R$ — коэффициент пропорциональности), в нелинейных цепях между I и U существует более сложная зависимость, в результате которой форма выходного напряжения (тока) отличается от формы входного, т. е. она искажается.

На рис. 3.3*а* приведены зависимости сопротивления и тока нелинейного элемента НЭ от напряжения (для сравнения

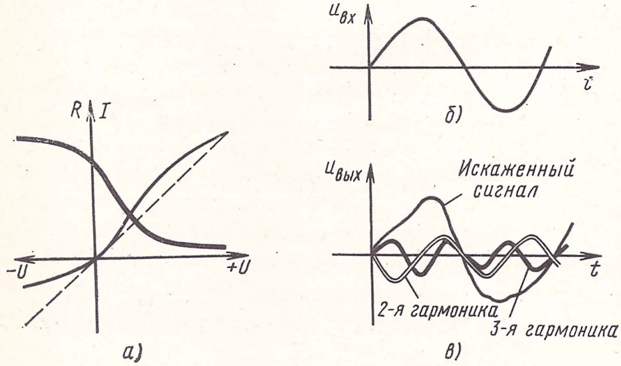


Рис. 3.3. Нелинейные элементы

пунктиром показана зависимость тока от напряжения для линейного элемента). На рис. 3.3*б* показан входной гармонический сигнал, а на рис. 3.3*в* — пример искаженного выходного сигнала, прошедшего через НЭ. В последнем случае сигнал уже не имеет формы синусоиды. Математический анализ кривой несинусоидальной формы показывает, что она содержит множество синусоид с разными частотами и амплитудами. Это означает, что искажение исходного сигнала за счет НЭ обусловливает появление в нем продуктов преобразования с частотами, отличными от исходной. Если частота исходного сигнала f, то продукты преобразования имеют частоты, кратные f: $2f$, $3f$ и т. д., которые называются соответственно второй, третьей и т. д. гармониками частоты f. При этом чем выше номер гармоники, тем меньше ее амплитуда.

Таким образом, основным свойством НЭ является его *способность образовывать токи с новыми частотами*, которых не было в исходном сигнале. Если на НЭ подавать одновременно напряжения двух каких-либо частот, например несущей $f_{\text{н}}$ и тональной частоты f, то кроме гармоник типа $2f$, $3f$ и т. д., $2f_{\text{н}}$, $3f_{\text{н}}$ и т. д. появятся всевозможные суммарные и разностные частоты типа $mf \pm nf_{\text{н}}$ (где m и n — любые целые числа), которые представляют собой различные комбинации исходных сигналов. Сигналы с частотами $f_{\text{н}} - f$ и $f_{\text{н}} + f$ называются соответственно *нижними* и *верхними* боковыми, так как располагаются по обе стороны от несущей. В случае телефонного сигнала вместо одной частоты f на преобразователь подается полоса тональных частот от 0,3 до 3,4 кГц (рис. 3.4). Поэтому боковыми являются также полосы частот; например, при несущей 100 кГц нижняя боковая полоса занимает спектр частот $100 - (0{,}3 \div 3{,}4) = 96{,}6 \div 99{,}7$ кГц, а верхняя боковая — $100 + (0{,}3 \div 3{,}4) = 100{,}3 \div 103{,}4$ кГц

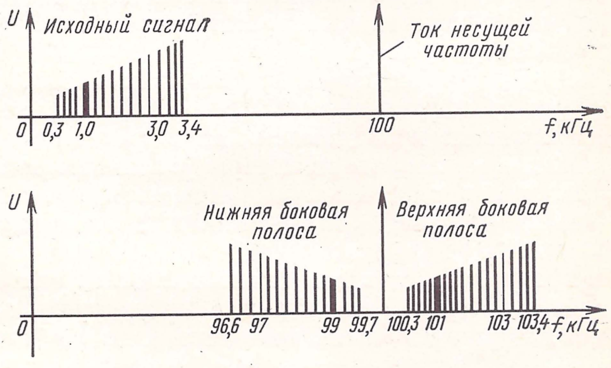


Рис. 3.4. Спектр частот АМ сигнала

В боковых полосах частот сохраняется такое же распределение мощностей отдельных частотных составляющих, что и в исходном сигнале. Так, если в тональном спектре ток частотой 1 кГц в 2 раза меньше, чем ток частотой 3 кГц, то в боковых полосах ток частотой 100±1 кГц также в 2 раза меньше, чем 100±3 кГц. Это означает, что боковая полоса полностью содержит информацию исходного сигнала.

Боковые полосы $f_н - f$ и $f_н + f$ считаются полезными продуктами преобразования и используются в каналах. Все другие частоты, которые могут появиться в процессе преобразования (на рисунке не показаны), являются паразитными, побочными продуктами и устраняются из преобразованного сигнала. Ток несущей частоты сам информации не содержит и необходим лишь для восстановления (демодуляции) сигнала на приемном конце. Поскольку его мощность намного выше мощности полезных токов, то их совместная передача по линии усложняет оборудование. Поэтому его по линии не передают, а на приемном конце создают аналогичный ток от собственного генератора. Для подавления побочных продуктов преобразования пользуются фильтрами, а для подавления тока несущей частоты — специальными схемами преобразователей[1]: последовательно-балансной, параллельно-балансной, двойной балансной и др. В основе их построения лежит схема уравновешенного моста, на выходе которой отсутствует ток несущей частоты.

Рассмотрим две схемы балансных преобразователей, применяемых в системах передачи ГТС: пассивного на диодах и активного на транзисторах.

Двойной балансный (кольцевой) преобразователь (рис. 3.5*а*) содержит четыре диода: $Д_1$—$Д_4$, соединенных последовательно, по кольцу. Исходный модулирующий сигнал $U_с$ подан на вход трансформатора $Тр_1$, а напряжение несущей подведено к средним точкам дифференциальных трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$. Во вторичную обмотку трансформатора $Тр_2$ включено нагрузочное сопротивление $R_н$. Необходимым требованием преобразования является следующее неравенство: $U_н \gg U_с$. Диоды, как известно, имеют одностороннюю проводимость; их сопротивление зависит от знака приложенного напряжения. При указанном выше требовании сопротивление диодов в каждый момент времени будет определяться знаком большего напряжения, т. е. полярностью несущей.

Рассмотрим работу схемы в течение промежутка времени Δt, равного половине периода напряжения модулирующего исходного сигнала, при котором в точке $А$ положительный потенциал (плюс), а в точке $Б$ — отрицательный (минус). В течение этого времени многократно меняется полярность напряжения несущей частоты. Пусть положительной полуволне этого напряжения соответствуют плюс в точке O_1 и минус в точке O_2. В этом случае открыты диоды $Д_1$ и $Д_3$, т. е. их сопротивление очень мало́ (теоретически равно нулю), а диоды $Д_2$ и $Д_4$ закрыты, т. е. их сопротивление очень велико (теоретически они создают обрыв цепи). Схему преобразователя в этом случае можно заменить эквивалентной схемой (рис. 3.5*б*). Для отрицательной полуволны напряжения несущей, когда в точке O_1 минус, а в точке O_2 плюс, эквивалентная схема имеет вид, изображенный на рис. 3.5*в*, так как открыты диоды $Д_2$ и $Д_4$ и закрыты $Д_1$ и $Д_3$. Совместное рассмотрение обеих схем показывает, что если ток сигнала меняется в соответствии с рис. 3.5*г*, а ток несущей — в соответствии с рис. 3.5*д*, то ток в нагрузке имеет форму импульсов положительной и отрицательной полярностей (рис. 3.5*е*), длительность которых равна полупериоду тока несущей частоты, а их амплитуда определяется величиной модулирующего тока, что в целом характеризует АМ сигнал.

---

[1] Токи полезных боковых частот и несущей имеют интервал по частоте всего в 0,3 кГц, который невозможно перекрыть фильтром в диапазоне частот выше 100 кГц, имеющем место в реальных схемах преобразователей.

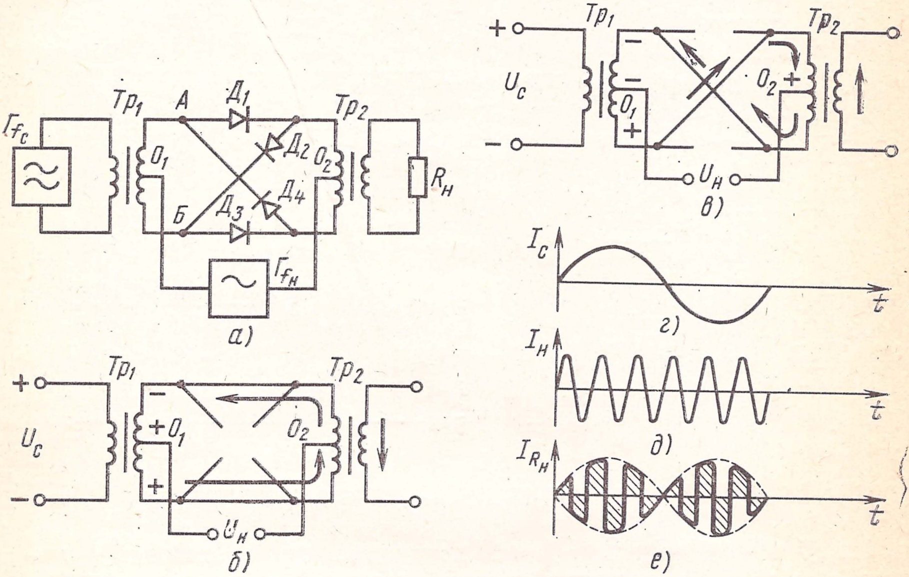


Рис. 3.5. Кольцевой преобразователь частоты на диодах

Анализ этого тока показывает, что если схема преобразователя сбалансирована относительно оси O_1—O_2, т. е. полуобмотки трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$ содержит равное число витков и сопротивления всех диодов равны, то в нем содержатся только токи с частотой $f_н \pm f$, т. е. токи боковых полос, а ток несущей частоты (а также все его гармоники) отсутствует, так как генератор этого тока и нагрузка $R_н$ оказываются подключенными к разным диагоналям уравновешенного моста. По аналогичной причине в составе выходного тока отсутствуют и составляющие с частотой модулирующего сигнала f_c, а также все его гармоники.

Благодаря наличию в преобразованном сигнале только токов полезных боковых полос и отсутствию паразитных продуктов преобразования, кольцевые преобразователи нашли широкое применение в системах передачи с ЧРК.

В *балансном преобразователе на транзисторах*, упрощенная схема которого приведена на рис. 3.6*а*, исходный сигнал с частотой $f_{\text{с}}$ поступает через трансформатор $Тр_1$ на базы транзисторов T_1 и T_2 в противофазе (когда на верхнем конце обмотки трансформатора положительный потенциал, то на нижнем — отрицательный). Напряжение несущей частоты от генератора $Г_{f_{\text{н}}}$ подается на базы транзисторов через среднюю точку входного трансформатора, а значит, на оба транзистора в одной и той же фазе. Источник коллекторного питания $E_{\text{к}}$ подключен к средней точке выходного трансформатора $Тр_2$.

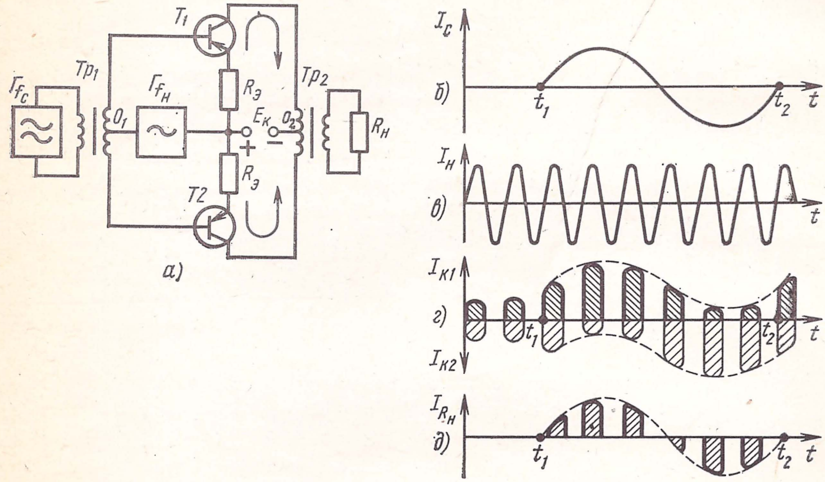


Рис. 3.6. Балансный преобразователь частоты на транзисторах

Когда на входе преобразователя отсутствует модулирующий сигнал до момента t_1 (рис. 3.6*б*), оба транзистора находятся под действием только одного тока несущей частоты (рис. 3.6*в*) и будут открываться в ту его полуволну, когда на эмиттерах плюс, а на базах минус. При обратной полярности этого тока оба транзистора закрыты. Когда транзисторы открыты, в них появляются коллекторные токи $I_{\text{к}1}$ и $I_{\text{к}2}$ (рис. 3.6*г*), протекающие по первичной обмотке трансформатора $Тр_2$ навстречу друг другу. Если схема сбалансирована относительно оси O_1—O_2, т. е. полуобмотки трансформаторов содержат равное число витков и внутренние сопротивления транзисторов одинаковы, то эти токи равны, сердечник трансформатора не намагничивается и в нагрузке ток отсутствует.

Когда на трансформатор $Тр_1$ поступает сигнал, то в одном транзисторе он совпадает по фазе с несущим током, а в другом — их направления противоположны (с разных концов обмотки трансформатора). В этом случае коллекторные токи транзисторов не равны: в том транзисторе, где ток несущей частоты и модулирующий сигнал совпадают по фазе, ток будет увеличиваться, а в другом уменьшаться. Суммарный магнитный поток в трансформаторе не будет равен нулю, и по нагрузке потечет ток. Этот ток (рис. 3.6*д*) имеет форму импульсов, длительность которых равна полупериоду несущей, а амплитуда определяется величиной модулирующего тока, что, как указывалось выше, характеризует АМ сигнал.

Транзистор, в отличие от диода, является активным элементом, поэтому преобразователь на транзисторах при соответствующем выборе параметров схемы может не только преобразовывать, но и усиливать сигнал.

3.3. ФИЛЬТРЫ

Фильтр — это устройство, которое пропускает токи одних частот и задерживает (подавляет) токи всех других частот. В зависимости от построения различают фильтры *LC*, *RC*, пьезоэлектрические, магнитострикционные и др. Наибольшее распространение имеют фильтры *LC*. Их действие основано на различной зависимости сопротивления конденсатора и катушки индуктивности от частоты. Как известно, сопротивление X_L катушки с индуктивностью L выражается формулой $X_L = 2\pi f L$, т. е. возрастает с увеличением частоты, а сопротивление X_C конденсатора с емкостью C — формулой $X_C = 1/2\pi f C$, т. е. уменьшается с увеличением частоты.

В зависимости от схемы включения элементов различают фильтры нижних частот *ФНЧ*, верхних частот *ФВЧ*, полосовые *ПФ* и режекторные *РФ*.

Фильтр нижних частот ФНЧ пропускает токи с частотой ниже некоторой частоты $f_{\text{ср}}$ — частоты среза. На рис. 3.7*а* приведена схема Т-образного звена фильтра нижних частот, на рис. 3.7*б* — частотная характеристика его затухания, а на рис. 3.7*в* — условное обозначение *ФНЧ*. Чем меньше частота тока, тем меньшее затухание вносит фильтр. По мере увеличения частоты растет сопротивление продольной ветви, содержащей индуктивность, и падает сопротивление поперечной ветви, содержащей емкость, вследствие чего все меньшая часть тока доходит до нагрузки, т. е. фильтр вносит большее затухание.

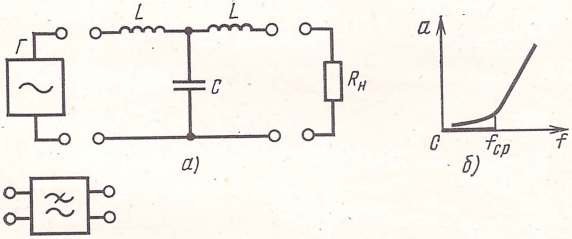


Рис. 3.7. Фильтр нижних частот

Фильтр верхних частот ФВЧ пропускает токи с частотой выше $f_{ср}$ и задерживает токи, частота которых ниже $f_{ср}$. Схема и частотная характеристика затухания такого фильтра приведены на рис. 3.8*а* и *б*. На рис. 3.8*а* приведено условное обозначение *ФВЧ*.

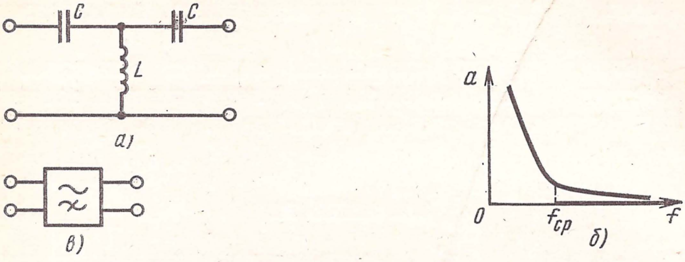


Рис. 3.8. Фильтр верхних частот

Здесь до частоты $f_{ср}$ велико сопротивление продольной ветви, а сопротивление поперечной незначительно, что препятствует прохождению тока в нагрузку. По мере увеличения частоты тока уменьшается сопротивление продольной ветви и увеличивается сопротивление поперечной, что приводит к уменьшению затухания, вносимого фильтром.

Полосовой фильтр ПФ пропускает токи, лежащие в полосе частот от f_1 до f_2, и задерживает токи за пределами этой полосы. Схема и частотная характеристика затухания приведены на рис. 3.9*а* и *г*. Условное обозначение фильтра дано на рис. 3.9*д*. Частотную характеристику затухания можно получить на основе следующих рассуждений: для достаточно низких частот до некоторой средней частоты f_0 характер продольной ветви фильтра в ос-

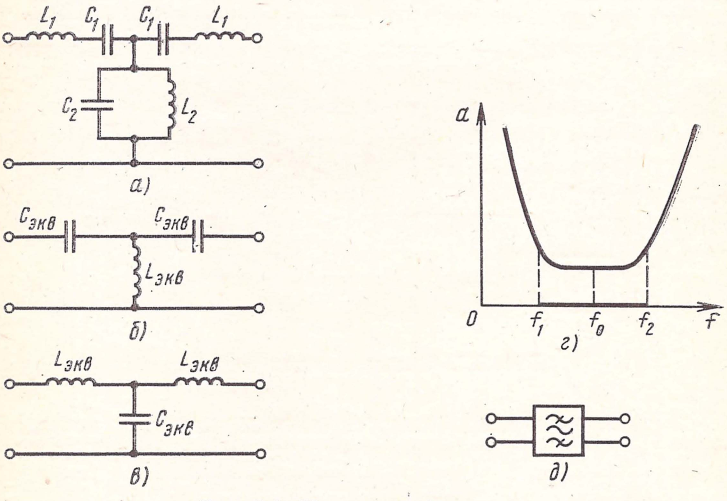


Рис. 3.9. Полосовой фильтр

новном определяется большим сопротивлением конденсатора C_1. Сопротивление катушки L_1 значительно меньше его и поэтому не может существенно влиять на величину результирующего сопротивления. Для поперечной же ветви существенным является небольшое сопротивление катушки L_2, в которую может ответвиться часть тока. Включенный параллельно ей конденсатор C_2 играет при этом незначительную роль. Поэтому для этих частот схема полосового фильтра может быть заменена эквивалентной схемой *ФНЧ* (рис. 3.9*б*). Для частот выше средней f_0 характер продольной ветви определяется большим сопротивлением катушки L_1, а поперечной — незначительным сопротивлением конденсатора C_2. Для этих частот эквивалентна схема *ФНЧ* (рис. 3.9*в*).

Полоса частот f_1—f_2, для которых фильтр минимально ослабляет ток, называется полосой его пропускания.

Режекторный фильтр РФ пропускает токи всех частот, за исключением некоторой полосы f_1—f_2. Схема и частотная характеристика затухания фильтра приведены на рис. 3.10*а* и *б*, а условное обозначение — на рис. 3.10*в*. Применив аналогичные рассуждения, как и для полосового фильтра, заметим, что до частоты f_0 эквивалентной будет схема *ФНЧ*, а за частотой f_0 — схема *ФВЧ*. Совместное их рассмотрение дает характеристику, приведенную на рис. 3.10*б*.

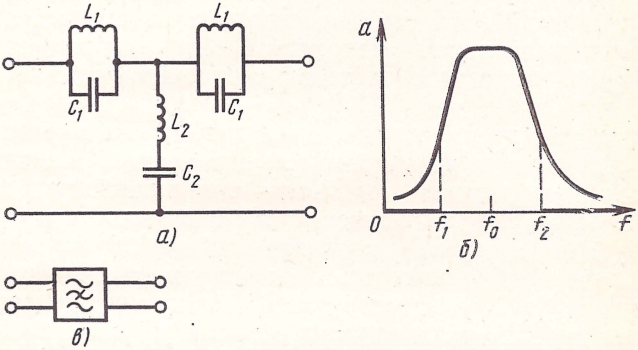


Рис. 3.10. Режекторный фильтр

В заключение отметим, что: 1) рассмотренные выше фильтры *LC* имеют небольшую крутизну нарастания затухания, т. е. большую область перехода от полосы пропускания к тем токам, которые фильтр задерживает; 2) с увеличением частоты крутизна нарастания частотной характеристики затухания падает. Это объясняется тем, что растут потери энергии в контурах, главным образом, за счет выделения тепла в проводе катушки. Основной параметр контура, так называемая *добротность* $Q=2\pi fL/R$, падает и может стать недопустимо низкой уже для частот порядка 50 кГц.

Для увеличения крутизны нарастания частотной характеристики на более высоких частотах применяют пьезоэлектрические (кварцевые), магнитострикционные и электромагнитные фильтры.

В пьезоэлектрическом используется кварцевый резонатор, который представляет собой специальным образом вырезанную пластинку из кристалла кварца и помещенную в стеклянный баллон с вакуумом. Пластинка зажимается между двумя электродами, к которым подводится напряжение. Магнитострикционный резонатор выполняется в виде стержня с обмоткой из феррита, а электромагнитный содержит стержни или диски, соединенные между собой механически. В электрическом отношении все они эквивалентны контурам с высокой добротностью, обеспечивающим очень малые потери энергии[1].

3.4. УСИЛИТЕЛИ

Усилители в многоканальных системах передачи относятся к числу наиболее важных и многочисленных устройств оконечной и промежуточной аппаратуры. В зависимости от своего назначения они делятся на индивидуальные, групповые и вспомогательные. Индивидуальные предназначены для усиления сигналов отдельных каналов и являются усилителями низкой частоты. Групповые усиливают сигналы группы каналов и являются усилителями высокой частоты. Вспомогательные служат для усиления токов одной какой-либо частоты: несущей, контрольной, сигнальной.

Работа усилителя определяется рядом его параметров: величинами входного и выходного сопротивлений, выходной мощностью, величиной шумов, вносимыми искажениями, коэффициентом усиления и его зависимостью от частоты.

Требуемые значения *входного* и *выходного сопротивлений* объясняются необходимостью согласованного включения усилителя с соседними элементами тракта. Невыполнение этого требования вызывает потери мощности сигнала и его искажения. Величина несогласованности по входному или выходному сопротивлению определяется *коэффициентом отражения* и измеряется в процентах. Для уменьшения коэффициента отражения на входе и выходе усилителя включают согласующие трансформаторы.

Под *выходной мощностью* усилителя понимают наибольшую мощность, которую может отдать усилитель без искажения сигнала. Требуемая выходная мощность зависит от назначения усилителя. Например, в групповых усилителях она зависит от числа каналов. Чтобы не превысить неискаженную выходную мощность, ограничивают сигнал каждого канала, а значит, и общий входной сигнал.

Собственные шумы — это токи, протекающие через усилитель при отсутствии на его входе полезного сигнала. Причины возникновения шумов различны, но в целом сводятся к тому, что внутри любого элемента электрической цепи, в том числе и в самой линии, непрерывно меняется количество перемещающихся электронов. Движение их носит хаотический характер. Этому способствуют еще колебания питающих напряжений, плохое сглаживание пульсаций выпрямленного тока, наводки от внешних электромагнитных полей и др. Для уменьшения собственных шумов применяют стабилизаторы напряжения, сглаживающие и развязывающие фильтры в цепях питания, экранируют отдельные элементы, вводят в схему усилителя отрицательную обратную связь ООС.

---

[1] В системах передачи ГТС указанные типы фильтров не применяются и подробно здесь не рассматриваются.

Нелинейные искажения, создаваемые усилителем, проявляются в том, что в усиленном сигнале появляются токи с новыми частотами, которых не было во входном сигнале. В отличие от преобразователя частоты, где нелинейность является необходимым условием его работы, в усилителях она крайне нежелательна или недопустима. Нелинейные искажения в индивидуальных усилителях ухудшают разборчивость речи, а в групповых приводят к влияниям между каналами вследствие того, что токи паразитных частот, появляющихся в одном канале, могут совпасть по спектру с токами полезных частот другого канала, где они будут прослушиваться. Для снижения нелинейных искажений выбирают правильный режим работы усилителя, вводят ООС.

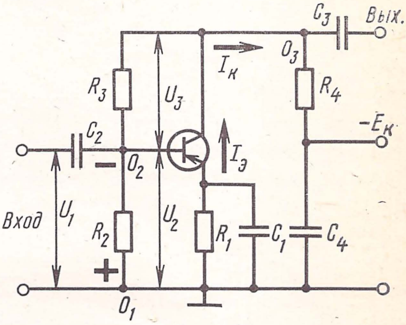


Рис. 3.11. Усилительный каскад

На рис. 3.11 приведена схема однокаскадного усилителя на транзисторе типа *p-n-p*, включенного по схеме с общим эмиттером. При подаче питания создается цепь постоянного тока: земля, R_2, R_3, $R_{\text{н}}$, минус. Этот ток создает на резисторах R_2 и R_3 падения напряжения U_2 и U_3; U_2 — напряжение смещения. Оно приложено между эмиттером и базой, плюсом к эмиттеру и минусом к базе, т. е. в направлении пропускания. Необходимая величина U_2 достигается подбором резисторов R_2 и R_3, образующих делитель напряжения. Создающееся на R_3 напряжение U_3 подается в цепь база—коллектор в направлении запирания. Через транзистор начинают протекать токи эмиттера $I_{\text{э}}$ и коллектора $I_{\text{к}}$. Ток коллектора, протекающий по транзистору при отсутствии переменного сигнала, называется током покоя $I_{\text{к}0}$. Чтобы каскад вносил наименьшие искажения, надо правильно выбрать величину $I_{\text{к}0}$, которая в процессе работы поддерживается автоматически.

Для уменьшения нелинейных и других искажений в усилителях создают отрицательную обратную связь. *Обратной связью* называется такая связь выхода усилителя с его входом, при которой часть усиленного сигнала подается с выхода на вход. Если этот сигнал находится в противофазе к входному, то обратная связь называется отрицательной ООС, а если они совпадают по фазе, то положительной. На рис. 3.12*а* выход усилителя связан с его входом посредством контура, обозначенного ООС и обеспечивающего величину и характер этой связи. Чем бóльшая часть выходного сигнала поступает на вход усилителя, тем ООС глубже. Из самого определения ООС следует, что она уменьшает усиление усилителя. Однако широкое применение ООС в усилителях систем передачи объясняется тем, что в них уменьшаются нелинейные и другие искажения, стабилизируется усиление, уменьшается его зависимость от колебания питающих напряжений, старения и замены деталей и других причин.

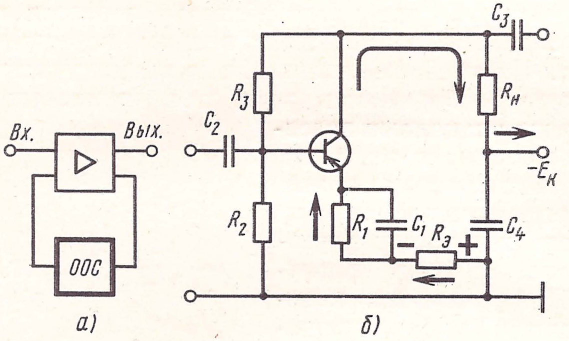


Рис. 3.12. Усилители с ООС

Существуют различные схемы образования ООС: последовательная, параллельная, по току, по напряжению, смешанная. Эти схемы получили свое название в зависимости от того, последовательно или параллельно входной цепи приложено напряжение обратной связи, а также от того, пропорционально ли это напряжение току в выходной цепи усилителя или выходному напряжению. На рис. 3.12*б* приведена схема усилителя с ООС по току. Здесь последовательно с эмиттером транзистора включен незашунтированный конденсатором резистор ($R_{э}$). В процессе работы каскада на резисторе создается падение напряжения, пропорциональное току в выходной цепи ($I_{к}$). Это напряжение так воздействует на входную цепь, что делает более положительным потенциал базы по отношению к эмиттеру, т. е. уменьшает усиление каскада (направления токов и знаки напряжений указаны на рисунке). Вместе с этим стабилизируются параметры усилителя. Действительно, пусть в результате колебания питающих напряжений уменьшится ток в выходной цепи. Этим уменьшится глубина ООС, а значит, увеличится усиление, т. е. оно будет стабилизировано. Аналогичным образом будет уменьшено усиление усилителя, если в результате каких-либо причин увеличится выходной ток.

Если в цепь ООС включить катушки индуктивности или конденсаторы, то усиление усилителя станет частотно-зависимым, а при включении переменного резистора можно им регулировать величину усиления.

Коэффициент усиления усилителя можно определить как отношение напряжения на выходе усилителя к напряжению на его входе: $K = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$. Чаще его выражают в логарифмических единицах: $S = 20 \lg U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} = 20 \lg K$. Если усилитель включен согласованно с источником сигнала (предшествующим устройством) и нагрузкой (последующим устройством), то его усиление можно определить как разность абсолютных уровней по мощности на выходе и входе усилителя: $S = p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}$. Усиление измеряется в децибелах.

Усилитель может содержать не один, а несколько каскадов. Каскад, или ступень усиления, — это транзистор в сочетании с элементами (резисторы, конденсаторы, трансформаторы), обеспечивающими режим его работы. Общий коэффициент усиления многокаскадного усилителя выражается как произведение коэффициентов усиления по напряжению отдельных каскадов: $K = K_1 K_2 K_3$.

Связь между каскадами может быть реостатно-емкостной, трансформаторной или непосредственной. Все каскады до последнего называются предварительными, или усилителями напряжения. Последний выходной каскад — усилитель мощности — может содержать два усилительных элемента, соединенных по параллельной или двухтактной схеме. В параллельной схеме у обоих усилительных элементов соединяются параллельно одноименные цепи баз, эмиттеров, коллекторов, в результате чего ток в общей нагрузке удваивается. В двухтактной схеме (рис. 3.13) два транзистора соединены так, что входные сигналы их сдвинуты по фазе на 180° (на концах *1* и *2* полуобмоток трансформатора $Тр_1$ потенциалы находятся в противофазе к средней точке, подключенной через источник питания к эмиттеру). Усиленные токи также в противофазе, но, протекая по полуобмоткам выходного трансформатора навстречу друг другу, они создают магнитные потоки одного направления, которые складываются и увеличивают ток в нагрузке. Дополнительным преимуществом двухтактной схемы по сравнению с параллельной являются малая чувствительность к колебаниям питающих напряжений, меньшие нелинейные и другие искажения.

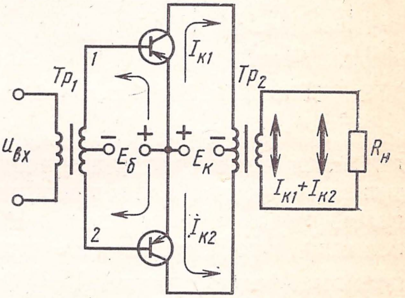


Рис. 3.13. Двухтактная схема выходного каскада усилителя

3.5. ГЕНЕРАТОРЫ

Основное назначение генераторов в системах передачи — это создание токов несущих частот, необходимых для преобразования сигналов на оконечных станциях; токов контрольных частот, управляющих устройствами автоматической регулировки уровня

АРУ, и токов вызывных (сигнальных) частот, используемых для передачи сигналов взаимодействия между оконечными станциями.

Генераторы, в которых колебания возникают самостоятельно, независимо от посторонних источников, называются генераторами с самовозбуждением, или автогенераторами. Такой генератор представляет собой замкнутую систему, которая при подаче питания самовозбуждается и начинает вырабатывать колебания определенных частоты и амплитуды. Такой замкнутой системой может стать любой усилитель, у которого обеспечена достаточная по величине положительная обратная связь. Наибольшее распространение получили генераторы, у которых в цепи обратной связи включен колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности L и конденсатора C.

Если в схеме, приведенной на рис. 3.14*а*, поставить переключатель *П* в положение *1*, то зарядится конденсатор C. При переводе ключа в положение *2* конденсатор начнет разряжаться через катушку L. Когда вся энергия электростатического поля конденсатора перейдет в энергию электромагнитного поля катушки, начнется перезаряд конденсатора, при котором энергия поля катушки перейдет в энергию поля конденсатора, а затем эти процессы начнут повторяться. Это приведет к тому, что в контуре возникнут собственные электрические колебания с частотой, определяемой по формуле $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$. Вследствие потерь энергии в диэлектрике конденсатора и на нагрев провода катушки колебания будут затухать (рис. 3.14*б*). Чтобы сделать их незатухающими, надо периодически пополнять энергию контура, т. е. подключать к нему источник питания в такт с частотой собственных колебаний контура. Такая система будет вырабатывать электрические колебания постоянной амплитуды и частоты, значит, являться генератором электрического тока. Чем выше частота генерируемых колебаний, тем чаще должен подключаться источник питания. В качестве переключающего устройства применяют транзисторы. На рис. 3.15 приведена схема автогенератора. Генератор содержит транзистор, колебательный контур $L_к C_к$, катушку обратной связи $L_{ОС}$ и обеспечен питанием от источника постоянного тока $E_к$. При замыкании ключа *Кл* создается цепь тока от источ-

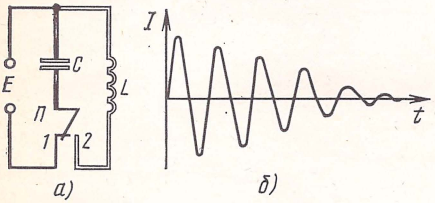


Рис. 3.14. Колебательный контур

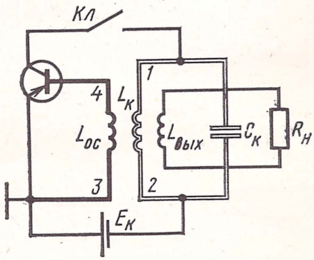


Рис. 3.15. Генератор автоколебаний

ника питания через колебательный контур и транзистор. В контуре возникают электрические колебания и начинает протекать переменный ток. В катушке $L_{\text{ОС}}$, соединенной со входом транзистора, наводится ЭДС, и во входной цепи (эмиттер—база) появляется переменный ток, вследствие чего начинают периодически меняться потенциалы в точках *1—2* и *3—4*. Когда фаза этого тока такова, что потенциал точки *4* ниже потенциала точки *3* (на базе минус по отношению к эмиттеру), транзистор открывается и проходящий через него ток пополняет энергию контура. При обратной полярности ток через транзистор и контур не протекает.

Чтобы начавшиеся в контуре колебания не затухали, должны быть выполнены два условия: 1) условие фаз — правильно соединены концы катушки $L_{\text{ОС}}$ и 2) условие амплитуд — достаточная по величине связь между катушками $L_{\text{к}}$ и $L_{\text{ОС}}$.

Ток, вырабатываемый таким генератором, определяется по формуле $I = I_m \sin \omega t$, где I_m — амплитудное значение тока, а $\omega = 2\pi f$ — круговая частота.

Чтобы сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}$ не влияло на частоту колебаний контура, ее подключают не непосредственно к нему, а через дополнительную обмотку.

На частоту колебаний автогенератора оказывает влияние ряд факторов. Приведенная выше формула $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ является фактически формулой резонансной частоты самого контура LC, которая может и не совпадать с частотой автоколебаний автогенератора. Последняя определяется выражением $f = f_0\sqrt{1 + \frac{R}{R_i}}$, где R — активное сопротивление контура; R_i — внутреннее сопротивление транзистора. Только в тех случаях, когда R очень мало (контур с малыми потерями энергии) или когда R_i очень велико, дробь R/R_i становится пренебрежимо малой и $f = f_0$.

Наиболее существенные факторы, влияющие на стабильность частоты, это — колебание питающих напряжений, которое меняет режим работы транзистора, в частности его R_i, непостоянство сопротивления нагрузки, при котором меняется активное сопротивление контура R, связанного с нагрузкой.

Влияние указанных причин уменьшается, если применять стабилизированные источники питания, а нагрузку подключать к колебательному контуру через промежуточное устройство (дополнительную обмотку трансформатора или удлинитель, которые «смягчают» ее колебания). Однако наилучшим способом стабилизации частоты автогенератора является применение кварцевых резонаторов. Такие резонаторы эквивалентны колебательному контуру с очень большой добротностью, т. е. контуру с очень малыми потерями. Кварцевая пластинка, включенная в схему автогенератора, стабилизирует его колебания на частоте собственного резонанса, зависящей только от геометрических размеров пластинки. Для обеспечения максимального постоянства параметров пластинки ее помещают в термостат, где поддерживается постоянная температура.

В многоканальных системах передачи на преобразователи частоты каждого канала (модуляторы и демодуляторы) подается ток своей несущей, частота и выходная мощность которой должны быть строго стабильны. При несовпадении частот токов несущей в пунктах передачи и приема принятый сигнал сдвигается по шкале частот относительно исходного, что приводит к помехам и искажениям. Удовлетворительная разборчивость телефонного разговора достигается при сдвиге частот на ±10 Гц. Однако в ряде случаев, например для передачи цифровой информации, нормальная работа по каналам возможна только при максимальном сдвиге частот на 1—2 Гц. Это требование обусловило нормы на генераторное оборудование современных систем передачи.

К генераторам токов несущих частот предъявляется также требование высокой стабильности выходного уровня. Чтобы обеспечить нормальный режим работы преобразователей, колебания выходного уровня несущих не должны превышать ±0,17 дБ.

Чтобы токи каждой несущей частоты не вырабатывать отдельным стабилизированным, а следовательно, дорогим и сложным генератором, в многоканальных системах передачи применяют умножители частоты, которые называются также *генераторами гармоник*. Такое построение генераторного оборудования позволяет иметь только один стабилизированный кварцем генератор — задающий *ЗГ*, вырабатывающий основное, опорное напряжение, из которого умножитель частоты образует множество гармоник. Эти гармоники стабильны, как и опорная частота, и используются для образования индивидуальных и групповых несущих, а также контрольных частот.

Выбор схемы умножителя зависит от требуемого числа гармоник, т. е. от числа каналов. Известно, что чем выше номер гармоники, тем меньше ее амплитуда. В системах передачи КРР, КАМА, имеющих 30 каналов и, следовательно, требующих наличия 30 различных несущих частот, схема выбрана такой, чтобы ток на выходе генератора гармоник имел форму периодической кривой с остроконечными импульсами. В этом случае амплитуды гармоник очень медленно убывают с ростом их порядкового номера. Схема позволяет использовать даже 70-ю гармонику (групповая несущая).

Принцип построения генератора гармоник приведен на рис. 3.16*а*. Ток с частотой f_0 от высокостабильного задающего генератора *ЗГ* поступает на вход мощного усилителя *УС*. Усилитель работает в режиме перегрузки, благодаря чему ток не только достигает большой амплитуды, но и стабилизируется его выходной уровень. Так как мощный усилитель вносит нелинейные искажения, а значит, появление различных гармоник опорной частоты, то после него включен узкополосный фильтр *ПФ*, пропускающий только ток с частотой f_0, который и поступает на генератор гармоник *ГГ*. Основным элементом *ГГ* является нелинейная катушка *НК*. Сердечник катушки выполнен из оксифера и имеет прямоугольную петлю гистерезиса. На графике рис. 3.16*б* показана зависимость между напряженностью магнитного поля H (или пропорциональной ей величиной тока в обмотке i) и магнитной индукцией B (или пропорционального ей магнитного потока в сердечнике Φ). Такой характер намагничивания и перемагничивания

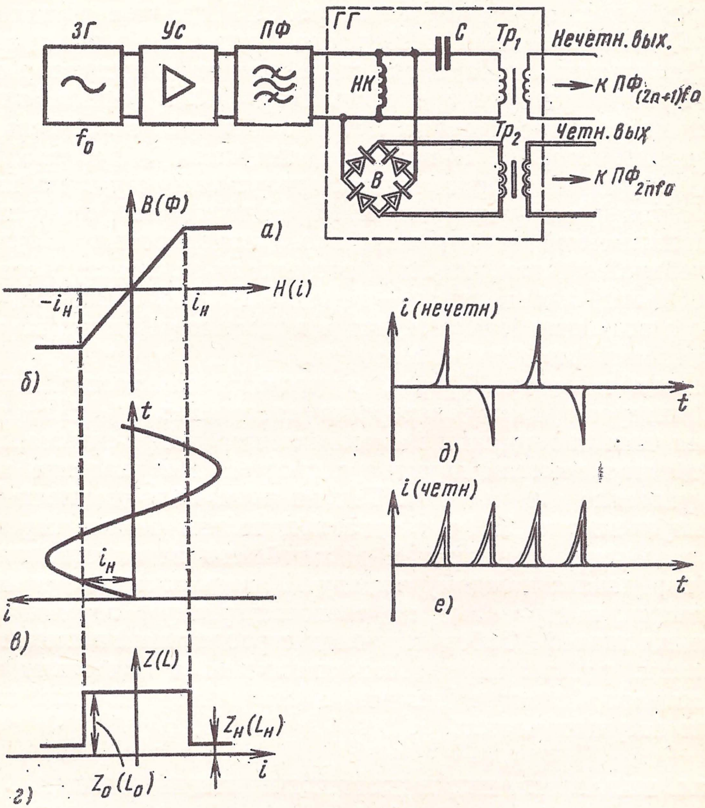

ЗГ
Ус
ПФ
ГГ
С
Тр1
Нечетн. вых.
НК
к ПФ(2n+1)f0
f0
Тр2
Четн. вых.
В
к ПФ2nf0
B(Ф)
а)
H(i)
-iн
iн
б)
t
iн
i
в)
Z(L)
Zн(Lн)
i
Z0(L0)
г)
i (нечетн)
t
д)
i (четн)
t
е)

Рис. 3.16. К пояснению принципа работы генератора гармоник

сердечника означает, что он резко переходит в насыщение, как только ток в катушке достигает критической величины $i_{\text{н}}$ (рис. 3.16*в*).

Так как индуктивность есть изменение магнитного потока в единицу времени, то она будет наибольшей в те моменты, когда кривые намагничивания (размагничивания) нарастают или убывают, т. е. когда ток в катушке еще не достиг значения $i_{\text{н}}$, при котором прекращается изменение магнитного потока и индуктивность падает почти до нуля ($L_{\text{н}}$). Вследствие резкого перехода сердечника в состояние насыщения индуктивность катушки будет также резко меняться от максимального значения L_0 до минимального $L_{\text{н}}$ (рис. 3.16*г*). Сопротивление катушки, которое пропорционально индуктивности, будет принимать значения от Z_0 до $Z_н$, отличные друг от друга не менее чем в 1000 раз.

Действие схемы происходит следующим образом. Пока ток, меняясь по синусоиде, нарастает, сердечник *НК* не насыщен, сопротивление ее велико и ток через нее почти не протекает. В это время происходит заряд конденсатора *С*. Когда ток достигает величины $i_н$, сопротивление *НК* резко падает, источник сигнала (*УС*) шунтируется ею, а заряженный ранее конденсатор разряжается через катушку и трансформатор $Тр_1$. В дальнейшем при убывании тока сопротивление *НК* опять возрастает, вновь заряжается конденсатор *С*, а при значении тока $i_н$ происходит его разряд в обратном направлении. В результате чередования этих процессов ток в нагрузке (рис. 3.16*д*) будет иметь форму импульсов положительной и отрицательной полярностей. Параметры схемы выбираются так, чтобы длительность этих импульсов была не более 2 мкс, а амплитуда — порядка 60 В. Гармоники, содержащиеся в токе такой формы, очень медленно убывают по амплитуде с ростом их порядкового номера.

Так как в токе такой формы содержатся только нечетные гармоники, интервал между которыми составляет $2f_0$ кГц, то для получения четных гармоник в схеме имеется выпрямительный мостик *В*, обеспечивающий двухполупериодное выпрямление тока, а значит, удвоение его частоты. Ток на этом выходе имеет форму, приведенную на рис. 3.16*е*, и содержит только четные гармоники.

Для выделения гармоник и дальнейшего использования их в системе передачи к каждому выходу *ГГ* подключаются узкополосные фильтры, настроенные на соответствующую гармонику (на схеме не показаны). Отбор гармоник с раздельных выходов улучшает условия работы параллельно включенных полосовых фильтров и создает большую защищенность между токами индивидуальных несущих частот.

3.6. ВЫРАВНИВАЮЩИЕ (КОРРЕКТИРУЮЩИЕ) КОНТУРЫ

При передаче многоканального сигнала, занимающего широкий спектр частот, неизбежны его амплитудно-частотные искажения АЧИ. Искажения вносят сами линии связи, а также элементы станционного оборудования (трансформаторы, фильтры и др.) вследствие того, что создаваемое ими ослабление сигнала зависит от частоты тока. Например, ослабление сигнала на цепях воздушных и кабельных линий возрастает с увеличением частоты. В многоканальной СП это может привести к различной величине уровня сигнала в разных каналах, т. е. к непостоянству основного параметра канала. Физические свойства цепей связи и элементов аппаратуры не позволяют полностью устранить АЧИ, их можно только уменьшить путем введения в тракт передачи соответствующих выравнивающих (корректирующих) контуров *ВК*. Схемы этих контуров зависят от того, искажения какого элемента тракта компенсируются этим контуром, а также от места его включения в схему. Если *ВК* предназначен для компенсации искажений, вносимых участком линии, то его включают либо на входе усилителя, либо в цепи его ООС. Выравнивающий контур, включенный на входе усилителя (рис. 3.17*а*), т. е. последовательно с участком линии, должен иметь такую схему, чтобы вносимое им ослабление сигнала уменьшилось с увеличением частоты (рис. 3.17*б*). Тогда суммарное ослабление сигнала, внесенное линией $a_л$ и контуром $a_{вк}$, будет одинаковым для всего спектра частот. В этом случае и усиление усилителя должно быть одинаковым для всех частот. Если *ВК* включен в цепь ООС, как показано на рис. 3.17*в* (в этом случае он называется корректирующим контуром *КК*), то его частотная характеристика ослабления сигнала должна быть аналогична характеристике ослабления сигнала в линии (рис. 3.17*г*). Действительно, на нижней границе спектра, для которой затухание линии сравнительно невелико, *КК* вносит также небольшое затухание для тока в цепи ООС, вследствие чего ток в противофазе к входному сигналу велик и усиление усилителя будет небольшим. На верхних частотах спектра затухание *КК* значительно больше, по цепи ООС поступает малый ток и усиление усилителя увеличивается.

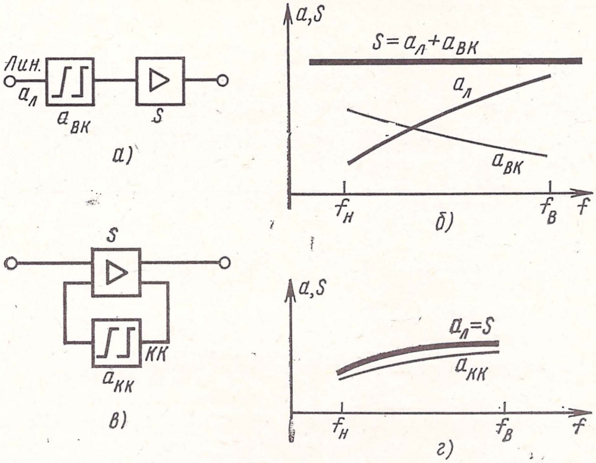


Рис. 3.17. Принцип компенсации амплитудно-частотных искажений сигнала

Такими же способами можно корректировать АЧИ, вносимые различными узлами СП.

В качестве выравнивателей применяют четырехполюсники, построенные из конденсаторов, катушек индуктивности и резисторов по Т-образным схемам. Такие схемы не только обеспечивают требуемую частотную характеристику затухания контура, но и постоянство его входного сопротивления во всем рабочем спектре частот, что необходимо для согласованного включения выравнивателей с другими элементами тракта.

По Т-образным схемам выполняются и удлинители, включение которых вносит дополнительное затухание в тракт передачи и как бы удлиняет линию связи. Удлинители содержат только резисторы и, в отличие от выравнивателей, вносят одинаковое ослабление сигнала для всех частот. Примеры схем выравнивателей и удлинителей приведены на рис. 3.18.

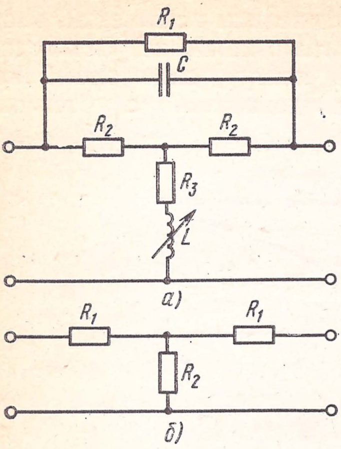


Рис. 3.18. Выравнивающий контур (*а*) и удлинитель (*б*)

3.7. ОГРАНИЧИТЕЛИ АМПЛИТУД

Работа многих узлов СП, таких, например, как усилители, преобразователи частоты и др., существенно ухудшается при подаче на их вход сигнала с уровнем выше предусмотренного нормой. Нарушение правильного режима работы устройств вызывает искажения сигнала и помехи.

Во время телефонного разговора напряжение на выходе микрофона непрерывно изменяется и может в отдельные моменты достигать большой величины. В схемах модулятора, фильтра, усилителя канала создаются перегрузки, вызывающие нелинейные искажения. Еще более опасны перегрузки групповых устройств СП, например групповых усилителей, на входе которых суммируются сигналы отдельных каналов. Возникающая в усилителях нелинейность вызывает появление всевозможных комбинационных частот, некоторые из которых могут совпасть с полосой полезных частот какого-либо канала и создать в нем помехи. Во избежание подобных помех перед входом модулятора каждого канала включают *ограничитель амплитуд ОА*. Ограничитель срезает пиковые напряжения, исключая этим подачу на вход модулятора напряжения большего некоторой заданной величины.

На рис. 3.19*а* приведена амплитудная характеристика идеального *ОА*, показывающая, как меняется его выходное напряжение в зависимости от изменения напряжения на его входе. Из рисунка видно, что выходное напряжение пропорционально входному только до тех пор, пока последнее не достигает порогового значения $U_п$. При входных напряжениях, превышающих $U_п$, напряжение на выходе *ОА* остается неизменным. Как видно из рисунка, для значений больше порога ограничения амплитудная характеристика нелинейна. Для обеспечения таких характеристик *ОА* содержат в качестве нелинейного элемента полупроводниковые диоды. Принцип включения и схема простейшего ограничителя амплитуд приведены на рис. 3.19*б*, а графики, поясняющие его работу, — на рис. 3.19*в*.

Как видно из графиков, сопротивление диодов тем меньше, чем больше поданное на них напряжение; поэтому в те моменты времени, когда напряжение сигнала мало (меняется по кривой U_1), сопротивление диодов велико, через них ответвляется только незначительная часть тока, а в основном ток поступает в нагрузку (модулятор канала). Если же от источника сигнала поступает напряжение, изменяющееся в соответствии с кривой U_2, то сопротивление *ОА* резко падает и в нагрузку поступает меньший ток. Диоды включены навстречу друг другу, поэтому сигнал ограничивается попеременно каждым из них как в положительный, так и в отрицательный полупериоды.

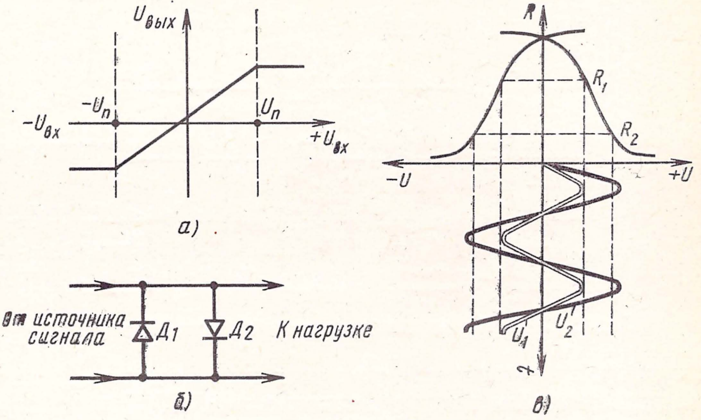


Рис. 3.19. Ограничитель амплитуд

3.8. УСТРОЙСТВА АРУ

При изменении метеорологических условий меняется ослабление сигнала при его прохождении по линии связи. Чтобы при этом оставались постоянными уровни сигнала в каналах, применяют устройства *автоматической регулировки уровня АРУ*. С помощью этих устройств непрерывно ведется контроль за каким-либо параметром в цепи, и в зависимости от его изменения автоматически меняются усиление усилителей и их частотные характеристики.

Существуют системы АРУ прямого и косвенного действий. В АРУ *прямого действия* ведется контроль за изменением затухания цепи посредством токов контрольных частот, которые передаются по тракту с постоянным исходным уровнем. Для этого в системе передачи создается специальный узкополосный контрольный канал с генератором контрольной частоты *ГКЧ* на передающем конце и приемником контрольного канала *ПКК* на приемном конце канала. Устройствами АРУ управляет *ПКК*.

Упрощенная схема АРУ по току контрольной частоты (АРУ прямого действия) приведена на рис. 3.20. С каждой оконечной станции (на рисунке показано с одной стороны) по контрольному каналу от генератора *ГКЧ* передается ток контрольной частоты, который проходит по тракту вместе с основным сигналом и, следовательно, подвергается тем же изменениям, что и последний. На

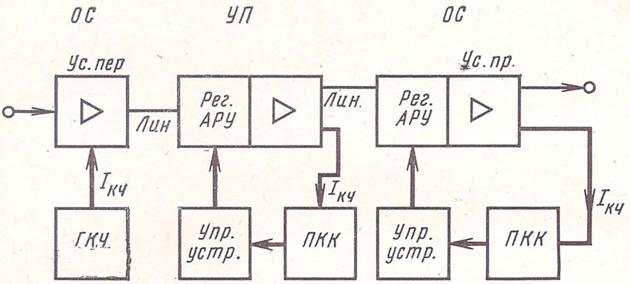


Рис. 3.20. Принцип автоматической регулировки уровня

промежуточной и оконечной станциях этот ток после усиления выделяется приемником контрольного канала *ПКК* и поступает на управляющее устройство усилителя *УПР. устр.* Если ослабление сигнала в цепи с течением времени существенно не меняется, то уровень контрольного тока остается постоянным, управляющее устройство имеет свои номинальные параметры и усиление усилителя остается неизменным. При изменении ослабления сигнала в цепи меняется уровень контрольного тока и управляющие устройства, воздействуя на регуляторы АРУ, меняют усиление усилителей. Например, если контрольный ток имеет пониженный уровень на промежуточной или оконечной станции, то это свидетельствует о том, что ослабление сигнала в тракте передачи стало больше и регулирующие устройства повысят усиление усилителей.

В зависимости от способа управления регуляторами различают две основные системы АРУ: электротермическую и электромеханическую. В электротермической системе управляющим устройством является терморезистор, сопротивление которого меняется в зависимости от температуры, созданной током контрольной частоты. Такая система применена в системе передачи КАМА и подробно описана в гл. 6. В электромеханической системе управление регуляторами усилителей производится посредством двигателя. С ротором двигателя связан переключатель управляющего устройства, который при повышении уровня контрольного тока поворачивает регулятор переменного сопротивления в одну, а при понижении — в другую сторону, уменьшая или увеличивая этим усиление усилителя.

В АРУ *косвенного действия* контроль ведется не за ослаблением сигнала в цепи непосредственно, а, например, за изменением температуры грунта (грунтовые АРУ) на кабельной линии связи. Специальные датчики передают эти изменения на регуляторы АРУ.

Как указывалось, АРУ должна обеспечить не только изменение величины усиления, но и требуемую частотную характеристику усилителя. С этой целью в качестве регуляторов АРУ применяют устройства плоской и наклонной регулировок. При плоской регулировке уровень всех частот меняется одинаково посредством элементов, сопротивление которых не зависит от частоты, например удлинителей из омических сопротивлений. При наклонной регулировке изменение уровня зависит от частоты. В качестве наклонных регуляторов применяют амплитудные выравниватели, в схемы которых включают управляющий элемент.

3.9. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Канал связи может иметь на отдельных участках различную проводность. Так, абонентская линия, заканчивающаяся телефонным аппаратом, является двухпроводным устройством, используемым поочередно для исходящей и входящей связи (говорим — слушаем), а соединительная линия, заканчивающаяся системой передачи, представляет собой четырехпроводное устройство с различными трактами для передачи и приема сигналов различных направлений.

Для соединения двухпроводных трактов с четырехпроводными, а также для разделения токов одинаковой частоты по разным направлениям работы используется переходное разделительное устройство — дифференциальная система (дифсистема) ДС. Она представляет собой шестиполюсник, собранный по мостовой схеме и содержащий дифференциальный трансформатор *ДТр* с балансным контуром *БК*. Как известно, при равновесии моста в случае наличия тока в одной его диагонали ток в другой будет отсутствовать. Это позволяет сделать независимыми тракты передачи и приема четырехпроводного канала, включенные в разные диагонали моста.

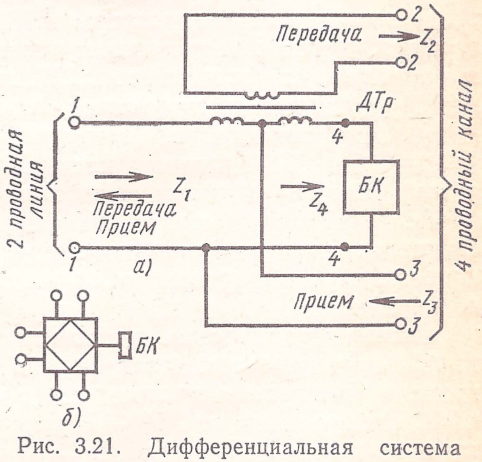


Рис. 3.21. Дифференциальная система

Как видно из рис. 3.21, вход и выход двухпроводной линии подключены к точкам *1—1*, вход передающего тракта четырехпроводного канала — к точкам *2—2*, а приемного тракта — к точкам *3—3*. Равновесие схемы достигается при равенстве сопротивления *БК*, подключенного к точкам *4—4*, входному сопротивлению двухпроводной линии. Чем точнее выполнено это требование, тем лучше разделены между собой тракты, подключенные к точкам *2—2* и *3—3*, и тем больше переходное затухание между ними. Степень подбора *БК* оценивается величиной балансного ослабления сигнала a_e дифсистемой: $a_e = 20 \lg \frac{Z_1+Z_4}{Z_1-Z_4}$; если $Z_1 = Z_4$, то a_e — бесконечно велико. Практически невозможно точно подобрать *БК* под входное сопротивление линии. Поэтому всегда имеет место некоторый переход токов между разделяемыми цепями. Обычно величина a_e составляет 25—30 дБ.

Кроме балансного затухания, характеризующего переход токов из одного направления работы (прием) в другое (передача), различают затухание, вносимое дифсистемой в прямом направлении: от точек *1—1* к точкам *2—2* и от точек *3—3* к точкам *1—1*. Это затухание должно быть как можно меньше. Обычно оно составляет 3 дБ. При рассогласованном включении линии и *БК* это затухание увеличивается, а переходное — уменьшается.

Дифсистемы могут выполняться не только на трансформаторах, но и на резисторах. Такая ДС дешевле, но параметры ее хуже, чем у рассмотренной.

Глава 4. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ИМПУЛЬСНО-КОДОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ (ИКМ)

4.1. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ИКМ

Принцип построения системы передачи с ИКМ поясняется рис. 4.1*а*. Сообщения $u_1(t)$, $u_2(t)$, ..., $u_N(t)$ от 1, 2, ..., N абонентов через фильтры нижних частот *Ф* поступают на канальные амплитудно-импульсные модуляторы *АИМ* (ключи). С помощью *АИМ* осуществляется *дискретизация* передаваемых сигналов во времени и формирование группового АИМ сигнала (*Гр. АИМ*$_{\text{пер}}$). Работой *АИМ* управляют последовательности *канальных импульсов КИ*$_1$—*КИ*$_N$, поступающие от генераторного оборудования передачи (*ГО*$_{\text{пер}}$). На *АИМ* каналов канальные импульсы подаются поочередно, при этом длительность каждого импульса составляет примерно 125/N мкс, а период следования — 125 мкс. Групповой АИМ сигнал поступает на кодирующее устройство — *кодер*, который одновременно с кодированием осуществляет операцию *квантования по уровню*.

Сигналы управления и взаимодействия СУВ, передаваемые по телефонным каналам, поступают в передатчик СУВ (*Пер. СУВ*), где они дискретизируются импульсными последовательностями СУВ, следующими от *ГО*$_{\text{пер}}$. В результате формируется *групповой сигнал передачи СУВ* (Гр. СУВ).

В устройстве объединения *УО* групповые сигналы или, как их часто называют, *цифровые потоки*, следующие от кодера, передатчика СУВ (*Пер. СУВ*), а также передатчика синхросигналов *Пер. СС*, объединяются, образуя так называемый ИКМ сигнал. Здесь формируется диаграмма временных циклов системы (ДВЦ), определяющая порядок следования циклов в сверхцикле и кодовых

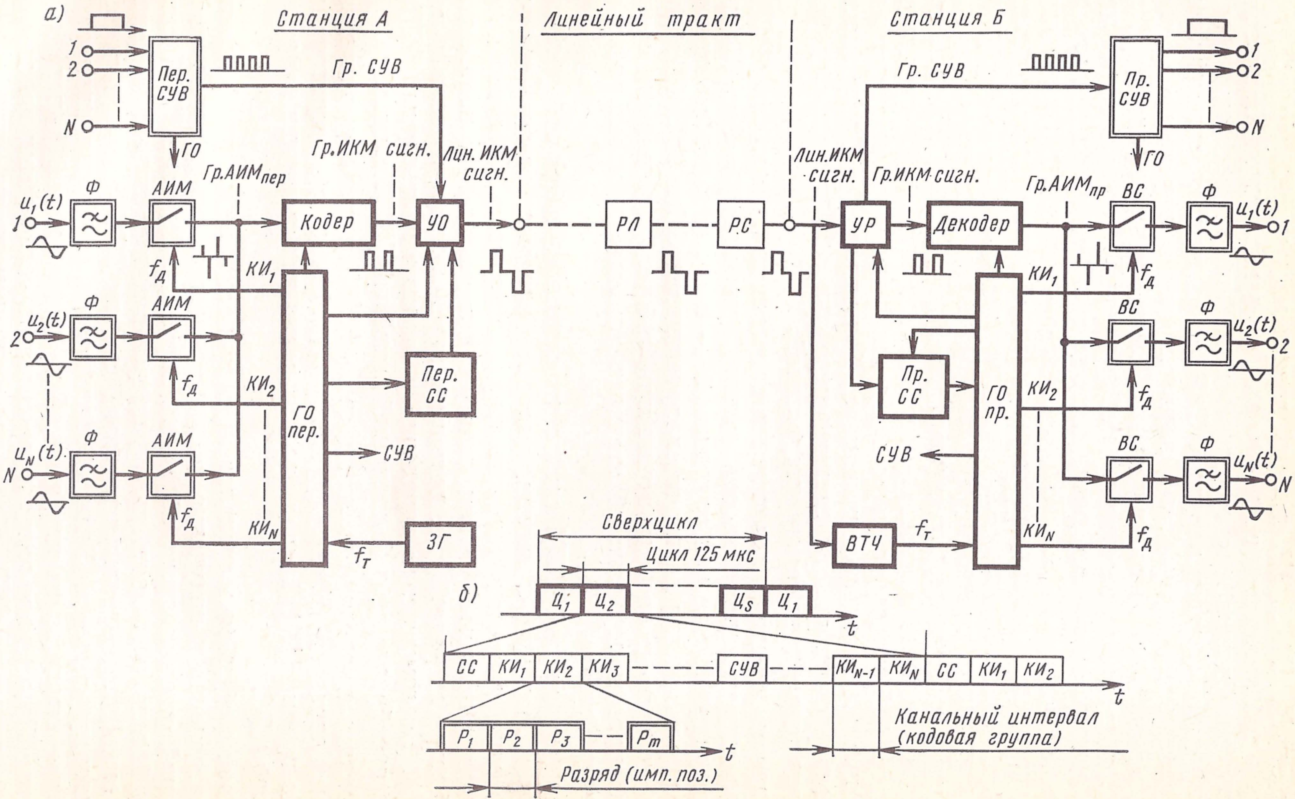

а)
Станция А
Линейный тракт
Станция Б
1
2
N
Пер. СУВ
ГО
Гр. СУВ
Гр.ИКМ сигн.
Лин. ИКМ сигн.
Гр.АИМ$_{пер}$
$u_1(t)$
$u_2(t)$
$u_N(t)$
Ф
АИМ
Кодер
УО
$f_д$
КИ$_1$
КИ$_2$
КИ$_N$
ГО пер.
Пер. СС
СУВ
ЗГ
$f_т$
РЛ
РС
Лин.ИКМ сигн.
Гр.ИКМ сигн.
Гр.АИМ$_{пр}$
Пр. СУВ
УР
Декодер
ВС
Пр. СС
ГО пр.
ВТЧ
б)
Сверхцикл
Цикл 125 мкс
Ц$_1$
Ц$_2$
Ц$_S$
t
СС
КИ$_3$
КИ$_{N-1}$
Р$_1$
Р$_2$
Р$_3$
Р$_m$
Канальный интервал (кодовая группа)
Разряд (имп. поз.)

Рис. 4.1. Принцип построения системы связи с ИКМ

групп в цикле передачи (рис. 4.1*б*). Поясним построение ДВЦ более подробно.

Циклы $Ц_1$, $Ц_2$, ..., $Ц_S$, каждый длительностью 125 мкс, объединяются в так называемые *сверхциклы*, следующие друг за другом. Объединение циклов в сверхциклы необходимо для получения нужного числа каналов передачи СУВ, организуемых, как правило, на определенных импульсных позициях или в определенном канальном интервале цикла передачи. Каждый цикл сверхцикла (напомним, что циклом называется набор двоичных сигналов всех каналов, взятых по одному разу) состоит из N *канальных интервалов* (КИ): $КИ_1$, $КИ_2, \ldots, КИ_{(N-1)}$, $КИ_N$ — и нередко нескольких дополнительных канальных интервалов, необходимых для передачи сигналов синхронизации (СС), каналов передачи СУВ и других вспомогательных сигналов. Каждый КИ представляет собой m-разрядную *кодовую группу*, в разрядах P_1, $P_2, \ldots, P_m$ которой передаются двоичные символы (импульсы или пробелы), представляющие собой закодированную в двоичном коде передаваемую информацию соответствующего канала. Как видно, ДВЦ определяет временно́й режим работы системы передачи с ИКМ, поэтому она является важнейшей ее характеристикой.

Скорость передачи или частота следования импульсов ИКМ сигнала определяется тактовой частотой системы: $f_т = 8 \cdot m \cdot N$, где m — разрядность кодовой группы, а N — число каналов в системе, включая каналы для передачи синхросигналов СС и СУВ. Необходимая скорость и последовательность работы передающих устройств системы передачи обеспечиваются задающим генератором *ГЗ* и устройствами $ГО_{пер}$.

Сформированный ИКМ сигнал представляет собой набор *однополярных* двоичных символов, импульсы которых всегда имеют только одну, например положительную, полярность. При передаче по линии связи такой сигнал подвержен значительным искажениям и быстро затухает (т. е. дальность передачи такого сигнала невелика). Поэтому перед передачей в линию однополярный ИКМ сигнал преобразуется в *биполярный* линейный ИКМ сигнал.

В процессе передачи по линии связи ИКМ сигнал периодически восстанавливается (регенерируется) линейными регенераторами *РЛ*. На приеме ИКМ сигнал восстанавливается станционным регенератором *РС*.

Процесс обработки сигналов, т. е. процесс приема, преобразования, разделения и получения исходного сигнала, на принимающей оконечной станции носит обратный характер. Вначале ИКМ сигнал из биполярного вновь преобразуется в однополярный, из которого устройство выделения тактовой частоты *ВТЧ* выделяет тактовую частоту системы. Этим обеспечивается равенство скоростей обработки сигналов на передающей и принимающей оконечных станциях. Правильное разделение сигналов телефонных каналов и каналов передачи СУВ обеспечивается приемником синхросигналов *Пр. СС*.

Устройство разделения *УР* разделяет цифровые потоки СУВ и телефонных каналов. Приемник групповых СУВ *Пр. СУВ*, управляемый импульсными последовательностями СУВ, следующими от генераторного оборудования приема *ГО*$_{пр}$, распределяет СУВ по телефонным каналам, а декодер преобразует групповой ИКМ сигнал в АИМ сигнал (*Гр. АИМ*$_{пр}$). Последовательности канальных импульсов *КИ*$_1$—*КИ*$_N$ поочередно открывают временные селекторы каналов *ВС*, обеспечивая выделение отсчетов своего канала из группового АИМ сигнала. Восстановление исходного (непрерывного) сигнала из последовательности его отсчетов производится с помощью фильтра нижних частот *Ф*.

Разобранная структурная схема поясняет принцип передачи сигналов в одном из направлений. Передача сигналов в обратном направлении осуществляется аналогично. Таким образом, организация двусторонней связи требует двух пар проводов, при этом пары направлений передачи и приема могут находиться как в одном кабеле (однокабельная система организации связи), так и в разных кабелях (двухкабельная система организации связи).

4.2. СИГНАЛЫ И ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ (ЦСП)

СИГНАЛЫ ЦСП И ИХ ПАРАМЕТРЫ

В системах передачи с ИКМ передача сообщений по каналам связи производится по методу ВРК. Для осуществления такого метода передачи в указанных системах широко используются электрические сигналы, имеющие характер прямоугольных импульсов и перепадов (потенциалов) напряжения или тока.

В процессе работы устройств системы передачи электрические параметры указанных сигналов (например, амплитуда импульсов, их длительность и т. п.) могут изменяться непрерывно и дискретно. У непрерывных (аналоговых) сигналов изменяющийся в определенных пределах электрический параметр (например, амплитуда импульса) может принимать любые числовые значения, а у дискретных сигналов — лишь вполне определенные или фиксированные значения (например, амплитуда импульса может принимать лишь два значения: 0 В — отсутствие импульса и 1 В — его наличие). Поскольку число состояний изменяющегося параметра у дискретного сигнала всегда счетно (т. е. число таких состояний можно сосчитать), каждое из этих состояний может быть закодировано цифрой в какой-либо системе счисления. Именно поэтому дискретные сигналы часто называют *цифровыми*, а системы передачи, использующие принцип передачи дискретных сигналов, закодированных цифровым кодом, — *цифровыми системами передачи* (ЦСП). К классу ЦСП относятся и системы передачи с ИКМ.

Для формирования (получения) и преобразования аналоговых и цифровых сигналов, а также использования их для выполнения заданных функций применяются импульсные (аналоговые и цифровые) устройства.

Основные типы сигналов, используемых при работе устройств ЦСП, показаны на рис. 4.2.

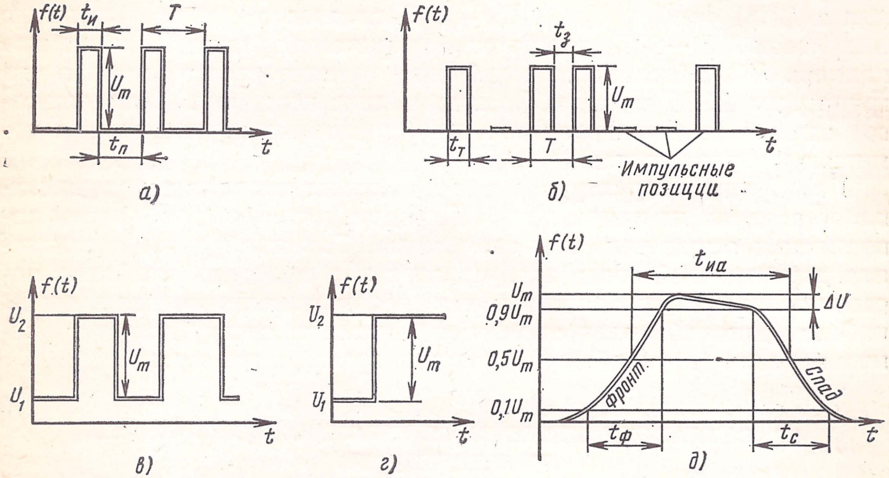


Рис. 4.2. Сигналы цифровых систем передачи

Периодический импульсный сигнал (рис. 4.2*а*) характеризуется следующими основными параметрами: максимальной амплитудой U_m и длительностью импульса $t_и$, длительностью паузы между импульсами $t_п$, периодом повторения T (т. е. отрезком времени между началом двух соседних однополярных импульсов), а также частотой повторения $f=1/T$, коэффициентом заполнения $\gamma=t_и/T$ и скважностью $q=T/t_и=1/\gamma$.

Цифровой, или просто импульсный, сигнал (рис. 4.2*б*) используется при передаче закодированной в цифровом (двоичном) коде информации об изменении передаваемого параметра (процесса). Этот сигнал характеризуется наличием тактовых или импульсных позиций $t_т$, на месте которых может находиться или отсутствовать импульс с амплитудой U_m и длительностью, равной величине тактового интервала. Наличие или отсутствие импульса на данной импульсной позиции определяется характером кодируемой информации и методом кодирования. Параметр T здесь носит название *тактового интервала*, $f_т=1/T$ — *тактовой частоты* следования импульсов, а $t_з$ — *защитного интервала*.

Потенциальный сигнал (рис. 4.2*в*), как и *перепад напряжения* (тока) (рис. 4.2*г*), характеризуется амплитудой перепада U_m при переходе от низкого U_1 к высокому U_2 уровню напряжения (тока). Эти перепады могут быть как положительными, так и отрицательными.

В отличие от идеализированного, *реальный импульс* (рис. 4.2*д*) характеризуется длительностью нарастания $t_ф$ и спада (среза) $t_с$

фронта, снижением (спадом) вершины ΔU, а также активной длительностью $t_{иа}$ импульса. При определении названных параметров часто пользуются условными уровнями отсчета, выраженными в долях от максимальной амплитуды импульса U_m. Так, длительность нарастания $t_ф$ и спада $t_с$ фронта импульса часто определяется на уровне от 0,1 до 0,9 U_m, а активная длительность импульса $t_{иа}$ — на уровне 0,5 U_m. В ряде случаев $t_{иа}$ определяется на уровне 0,1 U_m.

Если перечисленные сигналы являются дискретными и имеют только два состояния (уровня), соответствующие наличию импульса (потенциала или перепада) и его отсутствию, то такие сигналы могут быть закодированы в двоичной системе счисления цифрами 0 и 1 (рис. 4.3). При этом низкий уровень потенциала (перепада) или отсутствие импульса кодируются нулем, а высокий уровень потенциала (перепада) или наличие импульса кодируются единицей. Следует помнить, что обозначения 0 и 1 являются лишь *информационными* (условными) обозначениями состояния сигналов и никак не характеризуют их реальных (числовых) величин.

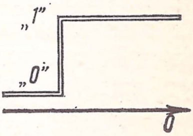


Рис. 4.3. Потенциальное кодирование двоичного сигнала

КЛЮЧЕВЫЕ УСТРОЙСТВА

Важными элементами цифровых устройств являются ключевые устройства, или просто *ключи*. Ключ — это устройство, обладающее двумя рабочими состояниями, обозначаемыми как «включено» (т. е. ключ замкнут) и «выключено» (т. е. ключ разомкнут). В каждое из этих состояний ключ переходит под воздействием управляющего сигнала, производя включение (выключение) различных электрических цепей, передачу или прием команд управления и т. п. Пример упрощенной ключевой схемы показан на рис. 4.4*а*.

Здесь под действием сигнала управления ключ *Кл* из состояния *Выключено* может переходить в состояние *Включено*, и в этом слу-

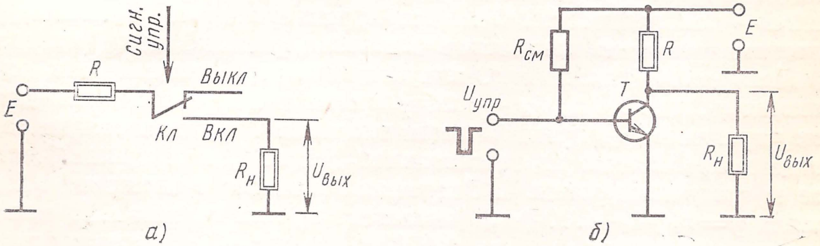


Рис. 4.4. Ключевые устройства

чае на нагрузке $R_н$ появится напряжение $U_{вых}$. На практике в импульсных устройствах ключи переключаются бесконтактным способом, для чего широко используются нелинейные электронные приборы (полупроводниковые диоды, транзисторы, интегральные схемы и т. п.). При этом в качестве управляющих сигналов используются импульсы и перепады напряжения или тока. На рис. 4.4*б* показан пример выполнения ключа на транзисторе *n-p-n*-типа. В исходном состоянии ($U_{упр}=0$) транзистор *T* находится в состоянии насыщения и напряжение $U_{вых}$ отсутствует (ключ разомкнут). При появлении сигнала управления $U_{упр}$ достаточной амплитуды (с отрицательной по отношению к базе транзистора полярностью) транзистор переходит в состояние отсечки (закрывается) и на нагрузке $R_н$ появляется напряжение (ключ замкнут). Поскольку состояние ключа характеризуется двумя различными уровнями сигнала на его выходе, то они могут быть условно закодированы цифрами 0 (отсутствие или низкий уровень сигнала — ключ разомкнут) и 1 (наличие или высокий уровень сигнала — ключ замкнут).

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

При построении сложных цифровых устройств нередко возникает необходимость в выполнении ряда *логических* (т. е. выполняемых в определенной последовательности) операций (функций) различного характера. Такими операциями могут являться заданные порядок включения или выключения различных элементов схемы, обеспечивающих исправную работу цифрового устройства. Часто такие операции называют *переключательными*, а схемы, выполняющие эти операции, называются переключательными схемами.

При всем многообразии и различной степени сложности переключательных схем любая из них может быть построена на базе простейших схем, обеспечивающих выполнение *элементарных* логических операций: логических сложения, умножения и инверсии. Очевидно, что операции логического сложения и умножения отличаются от одноименных арифметических действий и подчиняются правилам так называемой *алгебры логики*. Результатом указанных логических операций всегда является *двоичное* число: 0 или 1 (называемые логическими 0 и 1), — указывающее результат выполнения заданной логической операции (например, замыкание сложной цепи фиксируется на ее выходе как логическая 1, а ее размыкание — как логический 0). Рассмотрим исходные (базисные) логические функции: логические сложение, умножение и инверсию.

Логическим сложением, или *дизъюнкцией*, независимых переменных $x_1, x_2, \ldots, x_n$ (*n* — любое целое число) называется двоичная переменная *y*, принимающая значение 1 тогда и только тогда, когда хотя бы одно из ее слагаемых равно 1, и значение 0, когда все ее слагаемые равны 0. Операция логического сложения обозначается $y=x_1+x_2+\ldots+x_n$ (читается: x_1, или x_2, или ..., или x_n) и часто называется *функцией* ИЛИ. На рис. 4.5*а* показан участок электрической цепи, поясняющий выполнение операции логическо-

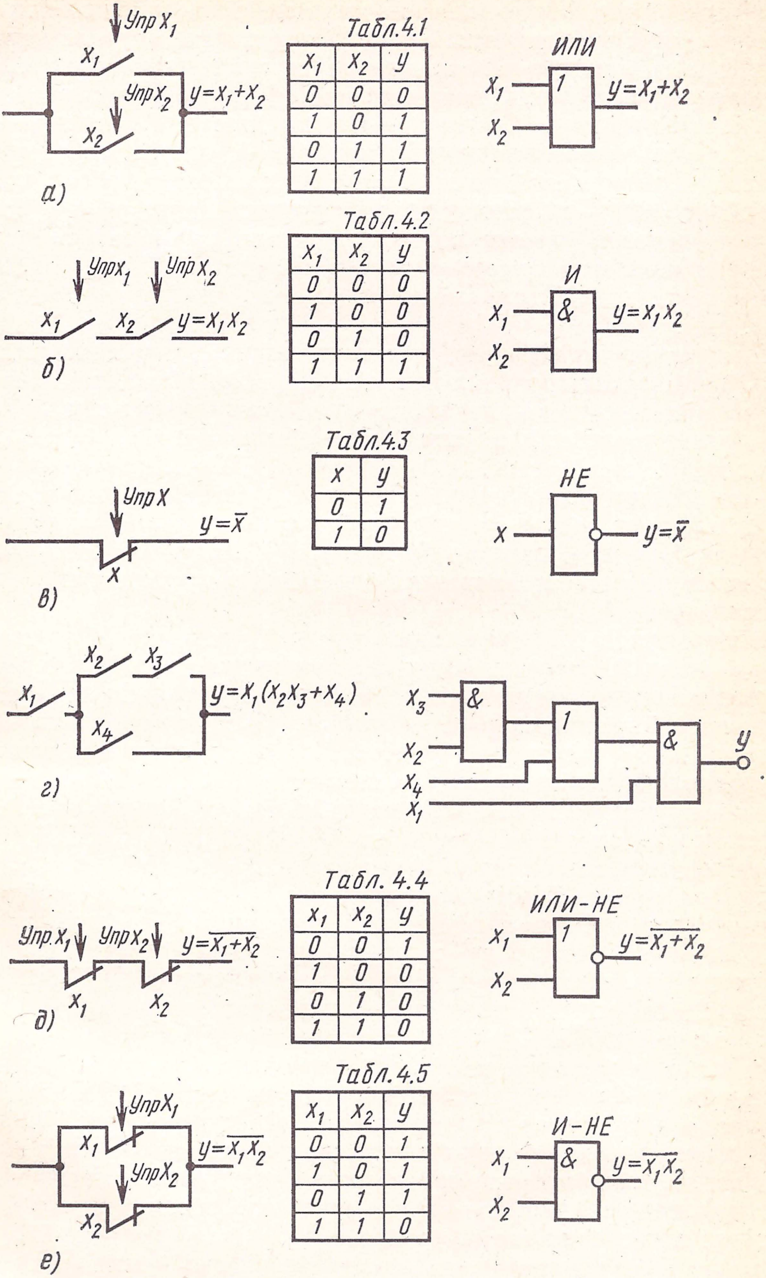

Упр x_1
x_1
Упр x_2
$y=x_1+x_2$
x_2
а)
ИЛИ
1
x_1
x_2
$y=x_1+x_2$
Упр x_1
Упр x_2
x_1
x_2
$y=x_1x_2$
б)
И
&
x_1
x_2
$y=x_1x_2$
Упр x
$y=\overline{x}$
x
в)
НЕ
x
$y=\overline{x}$
x_1
x_2
x_3
x_4
$y=x_1(x_2x_3+x_4)$
г)
x_3
x_2
x_4
x_1
&
1
&
y
Упр x_1
Упр x_2
$y=\overline{x_1+x_2}$
x_1
x_2
д)
ИЛИ-НЕ
1
x_1
x_2
$y=\overline{x_1+x_2}$
Упр x_1
Упр x_2
x_1
x_2
$y=\overline{x_1x_2}$
е)
И-НЕ
&
x_1
x_2
$y=\overline{x_1x_2}$

Табл. 4.1

x_1	x_2	y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Табл. 4.2

x_1	x_2	y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Табл. 4.3

x	y
0	1
1	0

Табл. 4.4

x_1	x_2	y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Табл. 4.5

x_1	x_2	y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Рис. 4.5. Логические функции и элементы

го сложения на примере двух независимых переменных: x_1 и x_2. В качестве таких переменных на рисунке представлены контакты x_1 и x_2 участка электрической цепи. Поступление сигнала управления «Упр» и замыкание контакта отмечаются логической 1, а отсутствие сигнала управления и исходное (в данном случае — разомкнутое) состояние контакта — логическим 0. Как видно из рис. 4.5*а*, замыкание любого из контактов (x_1 или x_2) образует замыкание электрической цепи ($y=1$), а размыкание обоих контактов ($x_1=x_2=0$) — размыкание этого участка цепи ($y=0$). Состояния приведенного участка схемы (переменной y) в зависимости от состояния контактов (переменных) x_1 и x_2 могут быть представлены в виде *переключательной таблицы* или *таблицы истинности* (табл. 4.1).

Логическим умножением, или *конъюнкцией,* переменных $x_1, x_2, \ldots, x_n$ называется двоичная переменная y, принимающая значение 1 тогда и только тогда, когда значение всех ее переменных равно 1. Операция логического умножения обозначается $y=x_1x_2\ldots x_n$ (читается: x_1, и x_2, и ..., и x_n) и часто называется *функцией* И. Участок электрической цепи, поясняющий выполнение операции логического умножения на примере двух независимых переменных (контактов) x_1 и x_2, показан на рис. 4.5*б*. Состояния этого участка в зависимости от состояния этих переменных представлены таблицей истинности 4.2.

Логическим отрицанием, или *инверсией*, переменной x называется двоичная переменная y, принимающая значение *1* (или 0) тогда и только тогда, когда x равно 0 (или 1). Операция логического отрицания обозначается $y=\bar{x}$ (читается: не x) и часто называется *функцией* НЕ. Участок электрической цепи, поясняющий выполнение указанной операции, представлен на рис. 4.5*в*. Таблица истинности этого участка цепи показана табл. 4.3.

Логические операции (функции) ИЛИ, И, НЕ лежат в основе логической системы, которая носит название *алгебры логики* (или *булевой алгебры*). В этой системе любую логическую операцию можно представить аналитическим выражением (логической функцией), а по нему построить и саму переключательную схему (на базе устройств, выполняющих логические функции И, ИЛИ, НЕ). Очевидно, что в основе построения устройств, выполняющих логические операции И, ИЛИ, НЕ, должны лежать ключи, при этом схема, объединяющая в себе один или несколько ключей, выполняющих заданную переключательную функцию (И, ИЛИ или НЕ), называется *логическим элементом* или *логической схемой.* Обычно такое устройство имеет один или несколько входов и один выход. Как правило, выполняется оно в микроэлектронном исполнении и имеет вид интегральной схемы. Графическое обозначение соответствующих логических элементов показано справа на рис. 4.5.

На рис. 4.5*г* показаны участок электрической цепи, состояния которого описываются логической функцией $y=x_1(x_2x_3+x_4)$, и логическая схема, построенная на элементах И и ИЛИ, обеспечивающая реализацию этой функции.

Наравне с булевой алгеброй часто используются логические системы, построенные на базе выполнения других логических операций. Наиболее распространенными из них являются логические системы, построенные на выполнении логических операций вида ИЛИ-НЕ и И-НЕ, т. е. операций, обратных логическим операциям вида ИЛИ и И соответственно. Логический элемент ИЛИ-НЕ выполняет логическую операцию $y=\overline{x_1+x_2+\ldots+x_m}$ (рис. 4.5*д*, таблица истинности 4.4), а элемент И-НЕ — логическую операцию $y=\overline{x_1x_2\ldots x_m}$ (рис. 4.5*е*, таблица истинности 4.5). Применение таких схем позволяет уменьшить число типов логических элементов, используемых при построении переключательных схем (например, при построении переключательной схемы любой сложности вместо трех типов логических элементов И, ИЛИ, НЕ достаточно использовать лишь логические элементы типа И-НЕ либо типа ИЛИ-НЕ).

Нетрудно заметить, что логические схемы И и ИЛИ (а также И-НЕ и ИЛИ-НЕ) обладают свойством *двойственности*. Каждая из этих схем в зависимости от способа кодирования уровней сигналов может выполнять функции либо схемы И (И-НЕ), либо схемы ИЛИ (ИЛИ-НЕ). Так, схема И для сигналов 1 может выполнять функции схемы ИЛИ для сигналов 0 и наоборот.

Логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ являются основными логическими элементами, на базе которых строятся любые переключательные схемы и цифровые устройства.

ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ УЗЛОВ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

Триггеры. Триггером (рис. 4.6) называют *спусковое устройство, имеющее два состояния устойчивого равновесия*. В каждом из этих состояний триггер может находиться неограниченно долго. Переход из одного состояния в другое (переключение триггера) происходит скачком всякий раз, когда на вход триггера поступает управляющий (запускающий) сигнал. Последний может быть как импульсным, так и потенциальным.

Как и в логических схемах, состояния триггера могут быть закодированы двумя уровнями, обозначаемыми символами 0 и 1. Обычно триггер имеет два выхода: *основной* Q и *инверсный* P. Потенциал инверсного выхода всегда обратен (в информационном смысле) значению потенциала на основном выходе, т. е. $P=\overline{Q}$ (например, если $Q=0$, то $P=1$ и наоборот).

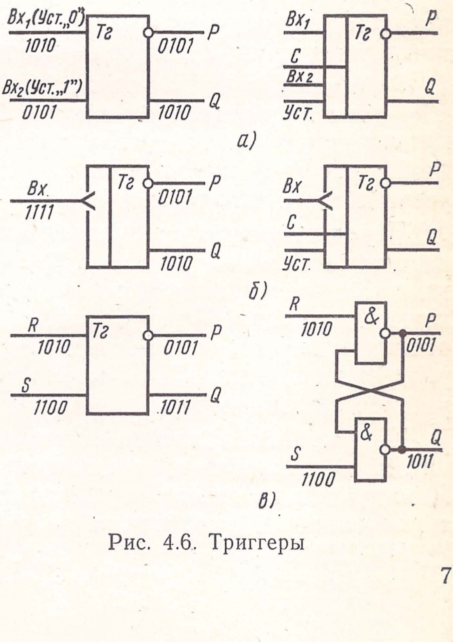


Рис. 4.6. Триггеры

Различают *раздельный* и *общий* (*счетный*) способы запуска триггера. При раздельном запуске (рис. 4.6*а*) триггер имеет два входа и переключается всякий раз, когда запускающие сигналы поступают на эти входы попеременно, чередуясь во времени. В случае счетного запуска (рис. 4.6*б*) триггер имеет один (общий) вход и переключается при каждом запускающем сигнале.

По способу управления триггеры делятся на *синхронные* (тактируемые) и *асинхронные*. Асинхронные триггеры переключаются в произвольные моменты времени при поступлении запускающих сигналов. В синхронных триггерах (рис. 4.6*а*, *б*) имеется синхронизирующий вход *С*, на который поступают тактовые импульсы *ТИ*, определяющие моменты переключения триггера. При этом переключение триггера может происходить в момент поступления *ТИ* (в так называемых триггерах, срабатывающих по уровню тактового импульса) либо после окончания *ТИ* (в триггерах «с задержкой»). В ряде случаев триггеры имеют один или несколько дополнительных входов для установки триггера в определенное исходное состояние (вход *Уст*).

В цифровой технике в основном применяются триггеры, выполненные на транзисторах и интегральных схемах. На рис. 4.6*в* показан *RS*-триггер, выполненный на схемах И-НЕ. Этот триггер имеет два *установочных* входа: *R* (вход «*Reset*» — установка 0 или «сброс») и *S* (вход «*Set*» — установка 1). Нетрудно видеть, что при комбинации входных сигналов $R=0$, $S=1$ триггер переключается в состояние $Q=0$, $P=1$, а при $R=1$, $S=0$ — в состояние $Q=1$, $P=0$. При $R=S=1$ триггер не переключается и сохраняет состояние, в котором он находился до поступления этой комбинации. Комбинация $R=S=0$ для этого триггера недопустима.

Триггеры являются основными устройствами, на базе которых могут быть построены более сложные функциональные узлы, например регистры и распределители импульсов.

Регистры и распределители импульсов. На рис. 4.7*а* показан *распределитель на 4* с последовательным переносом, выполненный по схеме двухразрядного счетчика с *дешифратором*. Такой распределитель может быть использован для управления устройствами дискретных схем.

Перед запуском распределителя сигналом *Уст* оба триггера переводятся в состояние $P=0$, $Q=1$. При поступлении импульсов на вход счетчика триггеры переключаются и изменяются коды их выходных сигналов. В результате этого на выходах дешифратора *Дш* последовательно появляются импульсы с длительностью $\tau_и$ и периодом повторения $T_п=4\tau_и$. Временны́е диаграммы, поясняющие работу распределителя, показаны на рис. 4.7*б*.

На рис. 4.8*а* показана схема *распределителя на 3*, построенная на основе регистра сдвига с дешифратором в цепи обратной связи. *Регистр сдвига* выполнен на синхронных триггерах с задержкой и с раздельными входами, а дешифратор — на логических схемах И-НЕ, НЕ.

Перед запуском регистра сигналом *Уст* все триггеры переводятся в состояние $P=1$, $Q=0$, при этом дешифратор устанавливается в состояние, при котором на $Вх_1$ триггера $Тг_1$ будет подан сигнал *1*, а на $Вх_2$ — сигнал *0*. При поступлении первого тактового импульса *ТИ* указанный код входных сигналов записывается в $Тг_1$ (в регист-

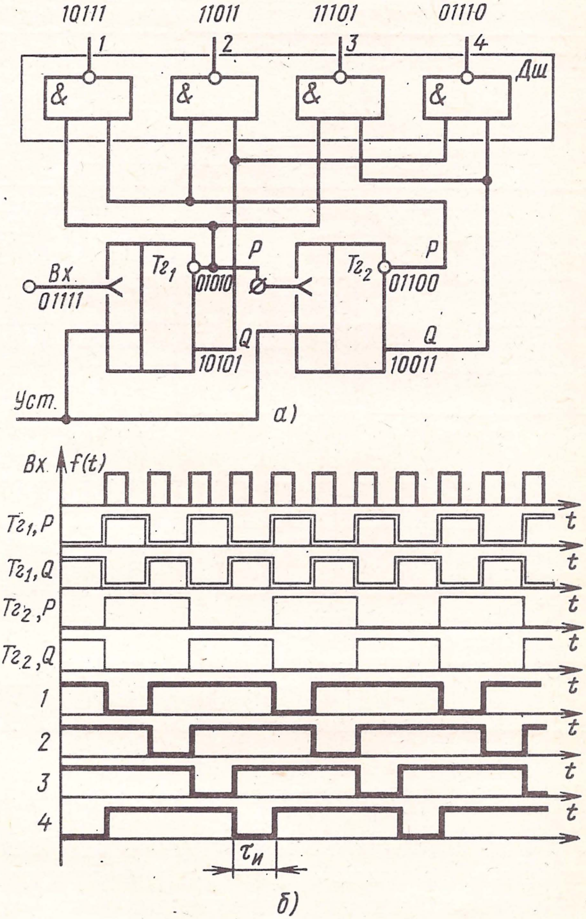

10111
11011
11101
01110
1
2
3
4
Дш
&
&
&
&
Тг1
Тг2
P
P
Q
Q
Вх
01111
01010
01100
10101
10011
Уст
а)
Вх f(t)
Тг1,P
Тг1,Q
Тг2,P
Тг2,Q
1
2
3
4
t
τи
б)

Рис. 4.7. Распределитель импульсов на 4

ре применены триггеры с задержкой, в которых *запись информации* происходит при поступлении *ТИ*, а ее считывание и переключение триггера — после окончания *ТИ*). По окончании *ТИ* триггер $Тг_1$ из состояния $P=1$, $Q=0$ переключается в инверсное состояние $P=0$, $Q=1$. В результате переключения $Тг_1$ состояние выходных сигналов дешифратора и код входных сигналов $Тг_1$ изменяются на обратные ($Вх_1=0$, $Вх_2=1$), а на выходе *1* распределителя появляется сигнал (импульс).

При поступлении следующего *ТИ* информация записывается в $Тг_1$ и $Тг_2$, а по окончании *ТИ* оба триггера переключаются: $Тг_1$ — в исходное ($P=1$, $Q=0$), а $Тг_2$ — в состояние $P=0$, $Q=1$. Импульс на выходе *1* прекращается и появляется на выходе *2* (сдвигается). Третий тактовый импульс приводит к записи информации в $Тг_2$ и $Тг_3$, в результате чего после окончания действия *ТИ* триггер $Тг_2$ возвращается в исходное, а $Тг_3$ переключается в инверсное состояние. Импульс на выходе *2* прекращается и сдвигается на выход *3*. С возвращением $Тг_1$ и $Тг_2$ в исходное состояние срабатывает дешифратор, изменяя код входных сигналов $Тг_1$ на первоначальный ($Вх_1=1$, $Вх_2=0$). На этом цикл работы распределителя заканчивается и затем все повторяется. Временны́е диаграммы, поясняющие работу распределителя, показаны на рис. 4.8*б*.

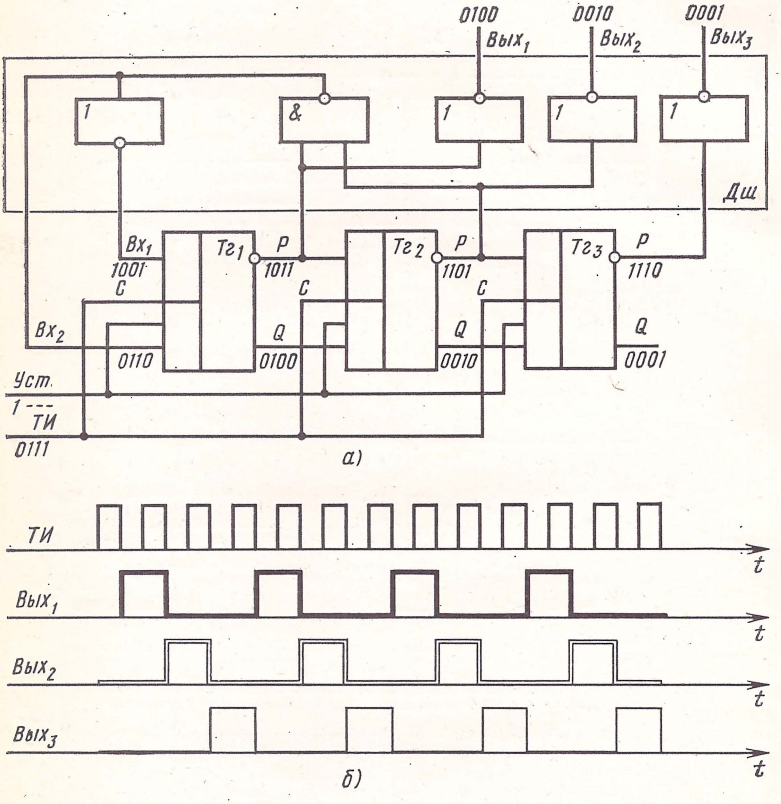
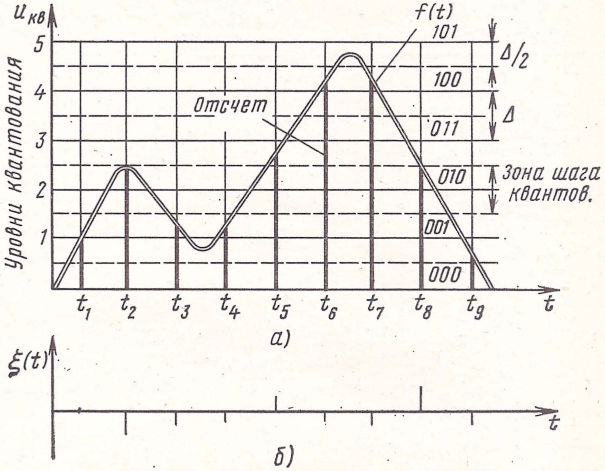

0100
Вых1
0010
Вых2
0001
Вых3
1
&
1
1
1
Дш
Вх1
1001
C
Тг1
P
1011
Тг2
P
1101
C
Тг3
P
1110
Вх2
0110
Q
0100
Q
0010
Q
0001
Уст
1
ТИ
0111
а)
ТИ
t
Вых1
t
Вых2
t
Вых3
t
б)

Рис. 4.8. Распределитель импульсов на 3

4.4. КВАНТОВАНИЕ И КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ

КВАНТОВАНИЕ СИГНАЛОВ

В результате операции квантования определяется номер *разрешенного уровня*, который ближе всего совпадает с амплитудой передаваемого отсчета. Принцип квантования отсчетов поясняется рис. 4.9*а*. Здесь в качестве примера разрешенными для передачи являются пять *уровней квантования* 1, 2, ..., 5, расположенных по оси ординат $u_{кв}$. Интервал между соседними уровнями квантования называется *шагом квантования* и обозначается Δ. Каждый



а)

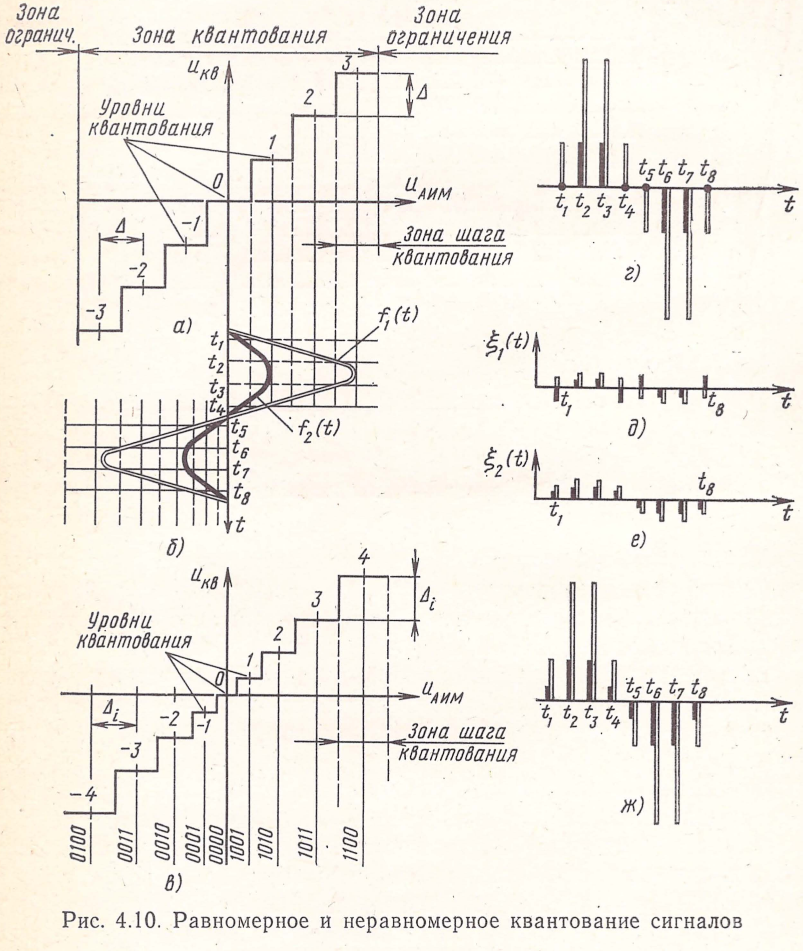
б)

Рис. 4.9. Принцип квантования отсчетов

уровень квантования имеет *зону квантования*, отстоящую от уровня на $\pm\Delta/2$, и все амплитуды отсчетов, попадающие в эту зону, передаются как один разрешенный уровень, равный номеру уровня квантования этой зоны. Так, отсчет в момент времени t_1 находится в зоне первого разрешенного уровня и передается как первый уровень квантования, отсчет в момент времени t_2 — в зоне второго разрешенного уровня и передается как второй уровень квантования и т. д.

«Округление» амплитуды отсчетов не позволяет точно восстановить переданный сигнал на приеме и приводит к появлению *сигнала ошибки* $\xi(t)$ (рис. 4.9*б*), который в каждый момент времени равен разности квантованного значения сигнала и амплитуды отсчета, т. е. $\xi(t) = u_{кв} - u_{АИМ}$. Сигнал ошибки на приеме (после демодуляции) воспринимается как специфический шум, сопровождающий передачу сигналов. Этот шум носит название *шума квантования* $u_{ш.кв}$ и по существу характеризует степень нелинейных искажений передаваемых сигналов. Качество связи считается удовлетворительным, если отношение величины принимаемого сигнала $u_с$ к величине шума квантования $u_{ш.кв}$ (защищенность сигнал/шум квантования, определяемая как $10 \lg u_с/u_{ш.кв}$) составляет не менее 15—25 дБ (т. е. $u_с$ превышает $u_{ш.кв}$ в 5—15 раз) во всем диапазоне уровней передаваемых сигналов. Очевидно, что чем чаще расположены уровни квантования, тем точнее будет передан отсчет, тем меньше будут ошибки и шум квантования.

Амплитудная характеристика квантующего устройства (квантователя), или просто квантующая характеристика, имеет вид ступенчатой кривой, которая может носить равномерный и неравномерный характер. Если шаги квантования по всей зоне амплитуд квантуемого сигнала (зоне квантования, см. рис. 4.10) одинаковы, то такое квантование называется равномерным (рис. 4.10*а*). При неравномерном квантовании амплитудная характеристика квантующего устройства имеет вид, показанный на рис. 4.10*в*. Как следует из этого рисунка, при неравномерном квантовании шаг квантования Δ_i (i — номер шага квантования, $i=1, 2, \ldots, n$) не остается постоянным, а увеличивается по мере увеличения амплитуды квантуемого отсчета. Наименьший шаг квантования находится в области малых значений амплитуд входного сигнала, а наибольший — в области его максимальных значений.



Зона огранич.
Зона квантования
Зона ограничения
$u_{кв}$
Уровни квантования
Δ
3
2
1
0
−1
−2
−3
$u_{АИМ}$
Зона шага квантования
а)
$f_1(t)$
$f_2(t)$
t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 t_8
t
б)
Δ_i
4
−4
0100
0011
0010
0001
0000
1001
1010
1011
1100
в)
г)
$\xi_1(t)$
д)
$\xi_2(t)$
е)
ж)

Рис. 4.10. Равномерное и неравномерное квантование сигналов

В системах передачи с ИКМ, предназначенных для телефонной связи, равномерное квантование сигналов не применяется, так как при малых амплитудах отсчетов могут возникать значительная ошибка и шум квантования. Чтобы уменьшить ошибку и снизить шум квантования, необходимо увеличивать число разрешенных для передачи уровней и уменьшать Δ, что ведет к неоправданному усложнению аппаратуры. Для сравнения можно сказать, что с целью обеспечения необходимого качества передачи сигналов число шагов при равномерном квантовании может составлять несколько тысяч, в то время как при неравномерном квантовании оно не превышает нескольких сотен (в ИКМ-30, например, 256 уровней квантования). Поэтому на практике применяют неравномерное квантование сигналов.

Сказанное поясняется рис. 4.10*б*, на котором показаны два сигнала большой $f_1(t)$ и малой $f_2(t)$ амплитуд, подвергаемые равномерному (см. рис. 4.10*а*) и неравномерному (см. рис. 4.10*в*) квантованию. Квантованные значения этих сигналов показаны на рис 4.10*г*, *ж*, а сигналы ошибок $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$, возникающие при указанных видах квантования, — на рис. 4.10*д*, *е* соответственно. Нетрудно видеть, что при неравномерном квантовании ошибка квантования $\xi_2(t)$ в области малых значений амплитуд сигнала $f_2(t)$ (моменты времени t_1, t_4, t_5, t_8) меньше, чем при равномерном квантовании (сигнал $\xi_1(t)$), хотя при больших значениях амплитуд того же сигнала $f_2(t)$ (моменты времени t_2, t_3, t_6, t_7) эта ошибка увеличивается. Тем не менее отношение $u_с/u_{ш.кв}$, определяющее защищенность сигнал/шум квантования, при неравномерном квантовании остается более или менее постоянным для всех значений амплитуд квантуемого сигнала, что позволяет обеспечить необходимое качество передачи сигналов.

Для дополнительного улучшения характеристик неравномерного квантователя часто применяют так называемое *сжатие динамического диапазона*. С этой целью используются *компандеры*. Составными частями компандера являются компрессор *К*, включаемый в тракт передачи, и экспандер *Э*, включаемый в тракт приема (рис. 4.11*а*). Компрессор осуществляет сжатие динамиче-

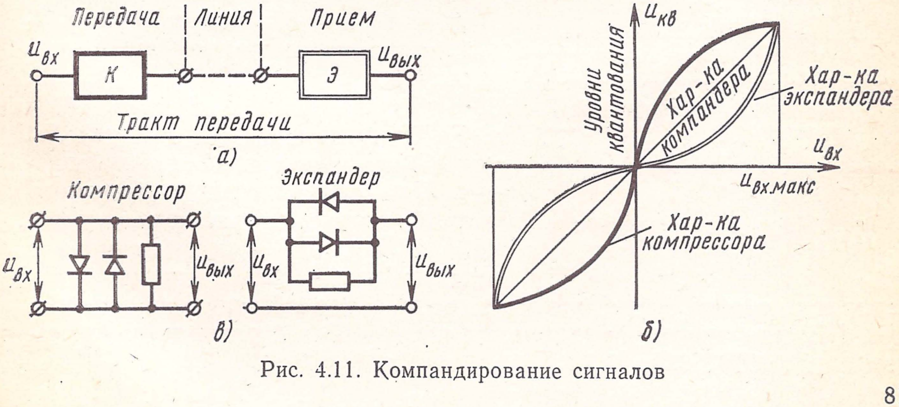


Рис. 4.11. Компандирование сигналов

ского диапазона, а экспандер — его расширение до исходного значения. Характеристика экспандера должна быть обратна характеристике компрессора. В этом случае включение компандера в тракт передачи искажений вносить не будет (рис. 4.11*б*). В простейшем случае схемы компрессора и экспандера могут иметь вид, показанный на рис. 4.11*в*. Как видно, применение компандера позволяет значительно увеличить число уровней, отводимых для квантования слабых сигналов и за счет этого улучшить отношение сигнал/шум квантования при передаче таких сигналов.

КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ

В ходе операции кодирования определяется *структура* кодовой группы, представляющая в двоичном коде номер уровня квантования.

Известно, что любое десятичное число Z может быть представлено в m-разрядном двоичном коде как $Z=\sum\limits_{i=1}^{m}\alpha_i\cdot 2^{m-i}$, где α_i — *разрядная* единица, принимающая значение 0, когда в данном разряде единица не проставляется, либо *1*, когда в разряде проставляется единица (импульс); i — *номер разряда* ($i=1, 2, \ldots, m$); m — *разрядность* кода; 2^{m-i} — *вес* разряда.

Разрядность кода определяется значением (величиной) десятичного числа (в нашем случае числом уровней квантования), подлежащего кодированию, и вычисляется по формуле $Z=2^m$ или $m=\ln Z/0{,}7$. Например, для кодирования 256 уровней квантования необходимо иметь 8-разрядную кодовую комбинацию с весами разрядов, показанными на рис. 4.12. На этом рисунке разряды 1, 2, . . . , 8 обозначены символами P_1, $P_2, \ldots, P_8$ соответственно.

Каждый разряд имеет свой вес (или свою значимость). Под весом разряда здесь следует понимать то десятичное число, которое кодируется разрядом, если в этом разряде проставлена единица (импульс), т. е. $\alpha_i=1$. При двоичном кодировании веса разрядов кратны степеням числа 2. В соответствии с вышеприведенной формулой при 8-разрядном кодировании ($m=8$) вес первого разряда ($i=1$) равен 2^7, или 128, второго ($i=2$) — 2^6, или 64, и т. д. Наименьший вес, равный 2^0, или 1, имеет последний восьмой разряд. Для кодирования десятичного числа (в нашем случае номера уровня квантования) нужно, начиная с первого, проставить единицы в тех разрядах, сумма весов которых дает это десятичное число. На рис. 4.12 дан пример кодирования числа 103 в 8-разрядном двоичном коде (01100111).

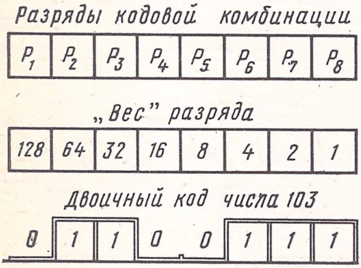

Разряды кодовой комбинации
P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8
„Вес" разряда
128 64 32 16 8 4 2 1
Двоичный код числа 103
0 1 1 0 0 1 1 1

Рис. 4.12. Двоичное кодирование

На практике отсчет, подлежащий кодированию, представляется не абстрактным числом, а в виде определенного значения тока или напряжения, поэтому в качестве весов разрядов используются соответствующие каждому из них значения *эталонных* токов (напряжений). Значения этих токов пропорциональны весу разряда, причем наименьший эталонный ток, эквивалентный переходу на один шаг Δ характеристики квантователя, часто называют *условной единицей тока* (у. е.). Таким током кодируется последний разряд кодовой комбинации, а условные веса эталонных токов остальных разрядов имеют следующие величины (для случая 8-разрядной кодовой комбинации): 2 у. е. — эталонный ток седьмого разряда; 4 у. е. — эталонный ток шестого разряда; ...; 128 у. е. — эталонный ток первого разряда. В случае равномерного квантователя у. е. иногда обозначают как Δ, при неравномерном же квантовании величина Δ_i является переменной и под у. е. понимают ту наименьшую величину тока, которая необходима для перехода на один шаг квантования вблизи точки 0 нелинейной квантующей характеристики.

Рассмотренный метод кодирования является примером кодирования в *натуральном двоичном коде*. Такой метод является примером *асимметричного* кодирования и в системах передачи с ИКМ применяется редко, так как в натуральном двоичном коде могут быть представлены лишь целые положительные числа либо квантованные амплитуды отсчетов одной (положительной) полярности. Это требует усложнения кодирующих устройств (в частности, чтобы все отсчеты были положительными, к кодируемому сигналу добавляют постоянную составляющую, равную максимальному отрицательному значению отсчета).

Чаще применяется *симметричный двоичный код*. При симметричном кодировании первый разряд кодовой комбинации содержит информацию о *полярности* кодируемого отсчета (0 — отсчет отрицательный, 1 — отсчет положительный), а последующие разряды несут информацию *об абсолютной* величине отсчета (номере уровня квантования). Нетрудно убедиться, что при обоих методах кодирования разрядность кодовой комбинации (при равном общем числе уровней квантования) сохраняется одинаковой, а изменяется лишь структура кодовой группы.

Сказанное поясним на примере. Пусть общее число уровней квантования равно 256 : 128 положительных и 128 отрицательных уровней. В обоих случаях необходима 8-разрядная кодовая группа. При асимметричном кодировании будут кодироваться уровни с 0 по 255, а при симметричном — с 0 по 127, для чего достаточно 7-разрядной кодовой группы. В последнем случае в начале кодовой группы будет стоять двоичный символ, указывающий полярность отсчета. Пусть кодируются два отсчета: $+103\Delta$ и -103Δ. Отсчет, равный $+103\Delta$, в натуральном двоичном коде будет кодироваться как число 231 (оно получается как 128+103, где 128 — постоянная составляющая, дополняющая отрицательные отсчеты до положительных значений) комбинацией двоичных символов 11100111, а -103Δ — как число 25 (оно получается как 128—103) комбинацией двоичных символов 00011001. В симметричном двоичном коде эти комбинации будут иметь вид 11100111 (+103Δ) и 01100111 (—103Δ). На рис. 4.9*а* справа уровни квантования представлены в натуральном двоичном коде, а на рис. 4.10*в* — в симметричном двоичном коде.

4.5. КОДИРУЮЩИЕ И ДЕКОДИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основной задачей кодера является выполнение операций квантования и кодирования АИМ сигналов на передаче, а задачей декодера — восстановление их исходных значений на приеме.

По характеру операций, выполняемых кодером, последний часто называют *аналого-цифровым* преобразователем (АЦП), поскольку в результате кодирования аналоговый (по значениям амплитуды отсчета) АИМ сигнал преобразуется в цифровой ИКМ сигнал. По аналогии с кодером декодер, осуществляющий обратную операцию на приеме, называют *цифроаналоговым* преобразователем (ЦАП). Применяя этот термин, следует, однако, помнить, что амплитуда импульсов восстановленного АИМ сигнала на выходе декодера может принимать не любые, а лишь квантованные значения (в ИКМ-30, например, лишь 256 значений: 128 положительных и 128 отрицательных), поэтому восстановленный АИМ сигнал, строго говоря, является *псевдоаналоговым* (т. е. как бы аналоговым или дискретным, но с большим числом возможных значений амплитуды отсчета). Часто систему кодер — декодер называют *кодеком*, а по характеру выполняемых ею преобразований — системой «аналог — цифра — аналог».

Важной характеристикой кодера (декодера) является амплитудная характеристика его квантующего устройства (квантующая характеристика). Она во многом определяет технические характеристики системы и качество передачи сигналов. Если амплитудная характеристика квантователя носит равномерный характер, то имеет место равномерное или *линейное* кодирование (декодирование); в случае неравномерной квантующей характеристики кодирование (декодирование) сигналов является в общем случае *неравномерным.*

Кодирование амплитуды отсчета осуществляется, как правило, в симметричном двоичном коде, особенности которого рассмотрены в предыдущем разделе. Наиболее просто двоичное кодирование осуществляется в кодерах *взвешивающего* типа. Принцип работы таких кодеров поясняется на рис. 4.13 и заключается в уравновешивании кодируемых отсчетов эталонными токами или просто эталонами с определенными весами (значениями). Кодирование в этом случае можно представить как процесс поэтапного взвешивания на чашечных весах, снабженных указателем «больше — меньше». На одну чашу весов (на рис. 4.13 — левую чашу) помещается кодируемый отсчет, а на другую (на рис. 4.13 — правую чашу) — последовательно устанавливают эталоны («гири»), начиная с эталона наибольшего веса. На каждом из *этапов* (*тактов*) взвешивания по указателю «больше — меньше» принимают решение: если отсчет тяжелее эталона, то последний оставляют на чаше весов и устанавливают эталон следующего (меньшего) веса. В противном случае первый эталон снимают и устанавливают эталон меньшего

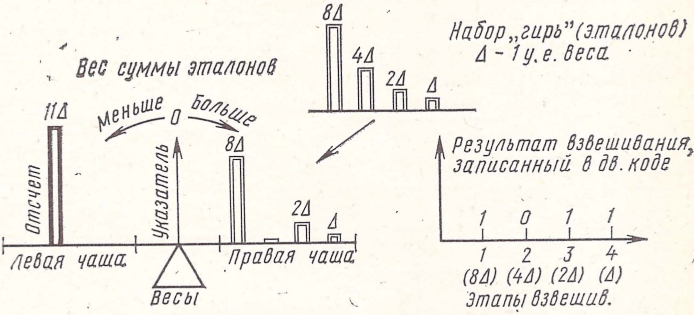


Рис. 4.13. Принцип кодирования методом взвешивания

веса. Очевидно, что по окончании взвешивания отсчет будет уравновешен эталонами, сумма весов которых на чаше будет равна «весу» отсчета (с точностью до эталона наименьшего веса). Если результат каждого из этапов (тактов) взвешивания записывать, отмечая как 1 оставление эталона на чаше весов, а 0 — его снятие, то по окончании взвешивания получим запись веса отсчета в двоичном коде. На рис. 4.13 показан процесс «взвешивания» и кодирования его результатов для отсчета с весом 11Δ.

Процесс декодирования (восстановления номера переданного уровня и амплитуды отсчета) в этом случае может быть представлен как выставление (и суммирование) эталонов «гирь» с весами разрядов кодовой комбинации, в которых проставлены 1.

ЛИНЕЙНОЕ КОДИРОВАНИЕ И ДЕКОДИРОВАНИЕ

Принцип построения линейного кодирующего устройства поясняется на рис. 4.14*а*. Кодер содержит компаратор К, генератор эталонных токов *ГЭТ*, логическое устройство *ЛУ* и преобразователь кода.

Компаратор (указатель «больше — меньше») определяет знак разности между амплитудами токов кодируемого сигнала (отсчета) $I_с$ и суммой эталонных токов $I_{эт}$ [по абсолютной величине, т. е. без учета знака разности $|I_с—I_{эт}|$]. Если в момент такта кодирования эта разность положительна, т. е. $I_с > I_{эт}$, то на выходе компаратора (точка *3*) формируется 0 (пробел), в противном случае, т. е. при $I_с < I_{эт}$, формируется 1 (импульс).

Логическое устройство служит для записи решений компаратора после каждого такта кодирования, формирования структуры кодовой группы (в параллельном двоичном коде) и управления ключами *ГЭТ*. В зависимости от решений компаратора это устройство выбирает полярность источника эталонов ($E_{эт}$ либо $-E_{эт}$) и управляет работой ключей $Кл_1$—$Кл_7$ ($Кл'_1$—$Кл'_7$). *Преобразователь кода* преобразует параллельный двоичный код в последовательный, формируя выходной ИКМ сигнал. Управление работой узлов кодера осуществляется сигналами, поступающими от генераторного оборудования *ГО* системы передачи.

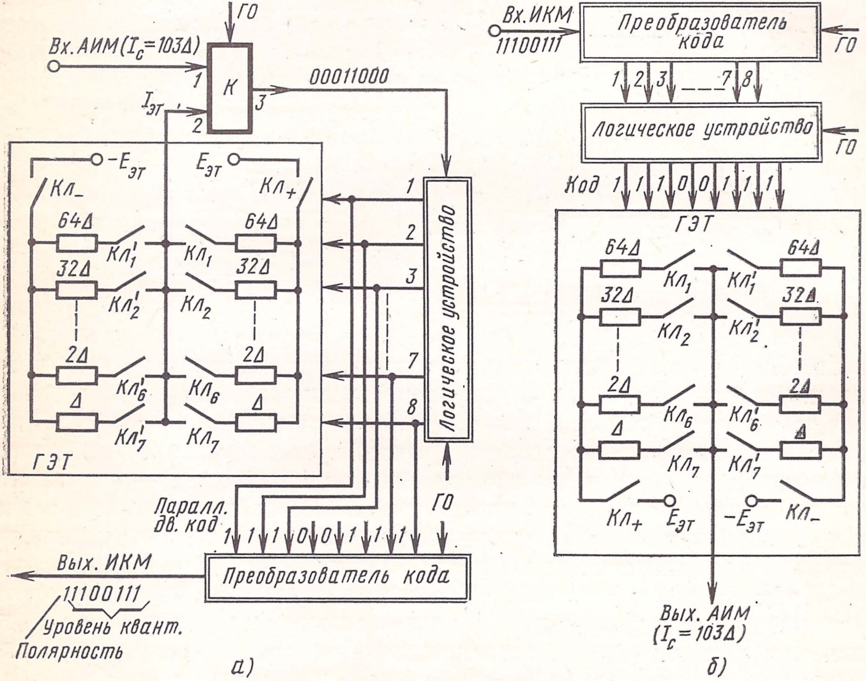

ГО
Вх. АИМ (I_c=103Δ)
1
2
3
К
$I_{эт}$
00011000
$-E_{эт}$
$E_{эт}$
$Кл_-$
$Кл_+$
64Δ
32Δ
2Δ
Δ
$Кл'_1$
$Кл'_2$
$Кл'_6$
$Кл'_7$
$Кл_1$
$Кл_2$
$Кл_6$
$Кл_7$
ГЭТ
1
2
3
7
8
Логическое устройство
ГО
Паралл. дв. код
1 1 1 0 0 1 1 1
Вых. ИКМ
Преобразователь кода
11100111
Уровень квант.
Полярность
а)
Вх. ИКМ
11100111
Преобразователь кода
ГО
1 2 3 7 8
Логическое устройство
ГО
Код 1 1 1 0 0 1 1 1
ГЭТ
64Δ
32Δ
2Δ
Δ
$Кл_1$
$Кл_2$
$Кл_6$
$Кл_7$
$Кл'_1$
$Кл'_2$
$Кл'_6$
$Кл'_7$
$Кл_+$
$E_{эт}$
$-E_{эт}$
$Кл_-$
Вых. АИМ
(I_c=103Δ)
б)

Рис. 4.14. Принцип построения кодера и декодера взвешивающего типа

В случае линейного кодирования квантующая характеристика кодера имеет вид, показанный на рис. 4.10*а*, а эталонные токи — условные веса Δ, 2Δ, 4Δ, ..., $2^{m-1}\Delta$, где m — разрядность кодовой комбинации. Процесс кодирования в симметричном двоичном коде включает два этапа: 1) определение и кодирование полярности отсчета; 2) определение и кодирование *абсолютной* величины отсчета. Первый этап осуществляется в первом такте, а второй — в последующих тактах кодирования, причем для кодирования положительных отсчетов используются эталонные токи положительной полярности, а для кодирования отрицательных отсчетов — эталонные токи отрицательной полярности.

Структура кодовой группы формируется на выходах *1*, *2*, ... m логического устройства *ЛУ*. Перед началом кодирования эти выходы устанавливаются в состояние 0. В моменты, предшествующие такту кодирования, выходы *ЛУ* последовательно, начиная с первого выхода, переводятся в состояние 1. Решение компаратора это состояние сохраняет, если в момент такта кодирования на его выходе формируется 0, либо изменяет на 0, если на выходе компаратора формируется 1. Состояние выхода *ЛУ*, отмечаемое как 1, означает замыкание соответствующего ключа либо подключение эталонного тока определенной полярности и веса в точку суммирования эталонных токов (вход *2* компаратора). Так, если первый выход *ЛУ* находится в состоянии 1, то замыкается ключ $Кл_+$, включающий источник положительных эталонных токов ($E_{эт}$), при этом ключ $Кл_-$ разомкнут. Если указанный выход *ЛУ* находится в состоянии 0, то, наоборот, замыкается ключ $Кл_-$, включающий источник отрицательных эталонных токов ($-E_{эт}$), а ключ $Кл_+$ разомкнут. Состояние 1 выхода *2 ЛУ* замыкает ключи $Кл_1$ и $Кл'_1$, выхода *3* — ключи $Кл_2$ и $Кл'_2, \ldots$, выхода 8 — ключи $Кл_7$ и $Кл'_7$, подающие в точку суммирования эталонные токи с весами и полярностью, показанными на рис. 4.14*а*.

Для наглядности работу кодера поясним на примере кодирования положительного отсчета с амплитудой $I_с$, равной 103Δ. Для кодирования такого отсчета в симметричном двоичном коде необходимы 8-разрядная кодовая группа ($m=8$) и семь эталонных токов с условными весами Δ, 2Δ, 4Δ, . . . , 64Δ (см. рис. 4.14*а*).

Кодируемый отсчет $I_с$ подается на *Вх.1* компаратора, а цикл кодирования начинается с установки первого выхода *ЛУ* в состояние 1 и замыкания ключа $Кл_+$ источника положительных эталонных токов (напомним, что выходы *2, 3, . . . , 8 ЛУ* при этом находятся в состоянии 0, ключи $Кл_1$—$Кл_7$ и $Кл'_1$—$Кл'_7$ разомкнуты, а на входе *2* компаратора $I_{эт}=0$). Поскольку в нашем примере отсчет имеет положительную полярность, т. е. $I_с>0$, то в *первом такте* кодирования на выходе компаратора будет сформирован 0 и состояние 1 первого выхода *ЛУ* сохранится. На этом этап определения и кодирования полярности отсчета заканчивается. В последующих тактах определяется и кодируется абсолютная величина отсчета.

В состояние 1 переводится второй выход *ЛУ*, при этом замыкается ключ $Кл_1$ и в точку суммирования (*Вх.2* компаратора) подается эталонный ток 64Δ. Во *втором такте* кодирования компаратор определяет знак разности между входным сигналом ($I_с=103Δ$) и эталонным током (64Δ). Поскольку в этом случае $I_с>I_{эт}$, на выходе компаратора формируется 0 и состояние 1 второго выхода *ЛУ* сохраняется. По окончании второго такта кодирования в состояние 1 переводится третий выход *ЛУ*, при этом замыкается ключ $Кл_2$ и в точку суммирования дополнительно подается эталонный ток величиной 32Δ. В результате этого суммарная величина эталонных токов перед началом третьего такта кодирования становится равной 96Δ. Несмотря на увеличение эталонного тока, неравенство $I_с>I_{эт}$ сохранилось, поэтому в *третьем такте* кодирования на выходе компаратора опять будет сформирован 0 и состояние 1 третьего выхода *ЛУ* сохраняется. Далее в состояние 1 переводится четвертый выход *ЛУ* и замыкается ключ $Кл_3$ (на рис. 4.14*а* не показан). К эталонным токам добавляется ток величиной 16Δ, в результате чего его суммарная величина становится равной 112Δ. Это превышает амплитуду кодируемого отсчета, поэтому в *четвертом такте* кодирования на выходе компаратора будет сформирована 1. При записи в *ЛУ* эта единица изменит состояние его четвертого выхода с 1 на 0, разомкнет ключ $Кл_3$ и отключит ток величиной 16Δ. В состояние *1* будет переведен пятый выход *ЛУ*, и в точку суммирования в дополнение к току 96Δ подключается эталонный ток величиной 8Δ и т. д. Последовательность решений компаратора в процессе кодирования отсчета представлена на рис. 4.14*а* комбинацией двоичных символов 00011000.

По окончании *восьмого такта* кодирования на выходах *1*, *2*, ..., ..., *8 ЛУ* будет сформирована кодовая комбинация 11100111, представляющая в параллельном 8-разрядном симметричном двоичном коде величину кодируемого отсчета 103Δ. По мере образования кодовой комбинации преобразователь кода преобразует ее в последовательность двоичных символов, представляющих собой выходной сигнал кодера. По окончании кодирования сигналы, поступающие от *ГО*, переводят узлы кодера в исходное состояние, подготавливая его к кодированию следующего отсчета. Последовательность 8-разрядных кодовых групп на выходе кодера образует цифровой ИКМ сигнал.

Принцип построения линейного декодера поясняется на рис. 4.14*б*. Декодер содержит преобразователь кода, логическое устройство *ЛУ* и генератор эталонных токов *ГЭТ*.

Декодирование ведется в порядке, обратном процессу кодирования. Вначале 8-разрядная кодовая группа принятого ИКМ сигнала с помощью преобразователя кода преобразуется в параллельную кодовую группу двоичных символов, которая формируется на выходах *1, 2*, ..., *8* преобразователя кода. В соответствии с принятой кодовой комбинацией *ЛУ* вырабатывает сигналы управления, включающие ключи и эталонные токи, соответствующие разрядам, в которых записаны 1 (импульсы). В случае симметричного двоичного кода первый разряд кодовой комбинации определяет полярность источника эталонов (единица включает положительный источник эталонных токов $E_{эт}$, а 0 — отрицательный источник эталонных токов $-E_{эт}$), а остальные разряды — величины эталонных токов, суммарный ток которых равен величине декодируемого отсчета АИМ сигнала. На рис. 4.14*б* показан пример декодирования кодовой комбинации 11100111 (при декодировании замыкаются ключи $Кл_+$, $Кл_1$, $Кл_2$, $Кл_5$, $Кл_6$ и $Кл_7$, формируя эталонный ток положительной полярности величиной 103Δ).

НЕЛИНЕЙНЫЕ КОДИРУЮЩИЕ И ДЕКОДИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Особенности квантующих характеристик нелинейных кодирующих и декодирующих устройств. При линейном кодировании амплитудная характеристика квантователя носит равномерный характер, что при малом числе уровней (шагов) квантования не позволяет получить высокое качество передачи сигналов (в частности, уменьшить ошибку и шум квантования при передаче слабых сигналов). Поэтому линейные кодеки в системах ВД-ИКМ не применяются.

Необходимое качество передачи сигналов достигается путем применения неравномерных кодирующих и декодирующих устройств. Особенностью таких устройств является неравномерность их квантующей характеристики, при которой квантование сигналов с малой амплитудой производится с малым шагом квантования, в то время как при кодировании сигналов с большой амплитудой шаг квантования увеличивается. Построение такой квантующей характеристики может осуществляться различными методами. В частности, для этой цели может использоваться аналоговый компандер в сочетании с линейным кодеком, который включается между компрессором и экспандером. Тот же эффект может быть получен методами *нелинейного кодирования*, когда формирование неравномерной квантующей характеристики осуществляется непосредственно в кодере (декодере). Последний в этом случае называется *нелинейным*.

Наибольшее распространение в системах ВД-ИКМ получили нелинейные кодеки взвешивающего типа с *цифровым компандированием эталонов*. В таких кодеках характеристика компрессии (экспандирования) не является непрерывной (аналоговой), а представляется *ломаной* линией, состоящей из *прямолинейных отрезков* (*сегментов*), приближенно представляющих (аппроксимирующих) заданный закон сжатия и расширения динамического диапазона сигналов. Необходимая форма характеристики компрессии (сжатия) и экспандирования (расширения) в этих кодеках формируется с помощью цифровых логических устройств, управляющих переключениями эталонов.

В качестве международного стандарта для нелинейных кодеков взвешивающего типа принята *сегментная характеристика компандирования типа А-87,6/13*, показанная на рис. 4.15. Она представляет собой две взаимно обратные характеристики: характеристику компрессии, получаемую в кодере, и характеристику экспандирования, получаемую в декодере (обе характеристики на рис. 4.15 показаны для *абсолютной* величины кодируемого сигнала). Каждая из них представляет собой логарифмическую характеристику, аппроксимированную 13 сегментами (прямолинейными отрезками) с *параметром сжатия* (*расширения*) A-87,6.

Фактически каждая из характеристик содержит по 16 сегментов: 8 — в положительной и 8 — в отрицательной областях. Так, характеристика компрессии в положительной области содержит сегменты, ограниченные точками (*узлами*): 0—1,1—2,2—3, . . . , 7 — 8. Однако четыре центральных сегмента (два в положительной и два в отрицательной областях) объединяются в один *центральный сегмент*, поэтому общее количество сегментов на двухполярной характеристике равно 13. Каждый из 16 сегментов характеристики содержит по 16 *шагов* (*уровней*) квантования, а общее число уровней равно 256: 128 уровней положительных и 128 уровней отрицательных. Шаг квантования внутри каждого сегмента *равномерный*, а величина шага при переходе от одного сегмента к другому изменяется *вдвое*, начиная с центрального сегмента. При изменении шага квантования изменяется *крутизна* характеристики. Крутизна изменяется дискретно в *точках излома* (узлах) характеристики. Четыре центральных сегмента имеют *одинаковую* крутизну и равные шаги квантования. При таком построении характеристики наименьший (минимальный) шаг квантования Δ_{min} имеют сегменты 0—1 и 1—2, а наибольший Δ_{max} — сегмент 7—8, причем отношение $\Delta_{max}/\Delta_{min}$ составляет 2^6, или 64. Эта величина характеризует параметр сжатия (расширения) для сегментной характеристики компандирования или параметр A. Точное значение этого параметра для непрерывной характеристики A-типа определяется из выражения $A/(1+\lg A)=2^{n_c-1}/n_c$ и при числе сегментов $n_c=8$ равно 87,6.

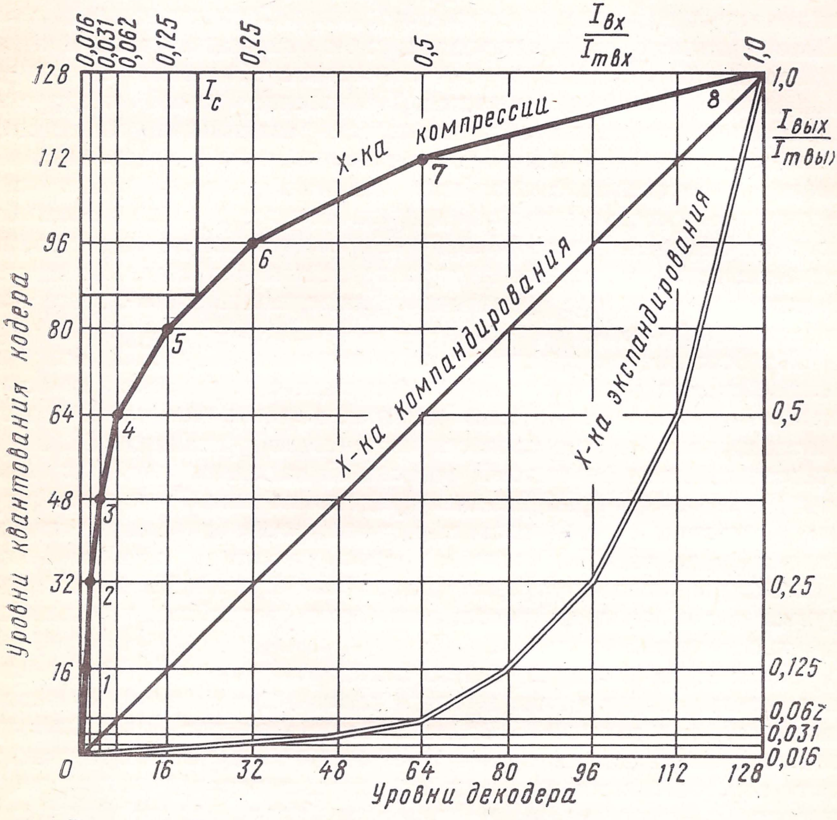


Рис. 4.15. Характеристика компандирования типа А-87,6/13

Эффективность рассмотренной характеристики можно оценить визуально, если обратить внимание на то, что 112 уровней из 128 используются для квантования сигналов, амплитуда которых не превышает половины максимальной, а 64, или 50% уровней, — для квантования сигналов, амплитуда которых не превышает 6,2% максимальной.

Методы нелинейного кодирования и декодирования сигналов. В случае сегментной характеристики компрессии типа *А-87,6/13* кодирование абсолютных величин отсчетов осуществляется 11 эталонами с условными весами, равными 2^0, 2^1, 2^2, 2^3, ..., 2^9 и 2^{10} у. е. или 1, 2, 4, 8, ..., 512, 1024 у. е. При линейном кодировании такая характеристика эквивалентна характеристике квантователя с 2048 уровнями квантования, для кодирования которых потребовалась бы 12-разрядная кодовая группа (с учетом кодирования полярности отсчета). При нелинейном кодировании число уровней квантования составляет 128, а разрядность кодовой группы при тех же условиях равна 8. Указанный эффект объясняется отличиями в последовательности включения эталонов в процессе формирования кодовой комбинации.

При 128 абсолютных значениях уровней нелинейное кодирование осуществляется за 8 тактов и включает три основных этапа: 1) определение и кодирование полярности входного сигнала; 2) определение и кодирование номера сегмента (узла), в котором заключен кодируемый отсчет; 3) определение и кодирование номера уровня квантования сегмента, в зоне которого заключена амплитуда кодируемого отсчета. Первый этап осуществляется в первом такте, второй — во 2, 3 и 4-м, а третий — в 5, 6, 7 и 8-м тактах кодирования.

Для упрощения изложения дальнейшего материала введем следующие обозначения и термины: величины эталонных токов узлов (сегментов) будем обозначать через $I_{\text{эт.с}}$, где «с» = 0, 1, 2, ..., 7 (например, $I_{\text{эт.4}}$ — эталонный ток узла 4 или сегмента 4—5); эталонный ток, определяющий величину шага квантования сегмента, — через $\Delta_{\text{с}}$, где «с» = 0—1, 1—2, ..., 7—8 (например, Δ_{4-5} — эталонный ток, определяющий величину шага квантования в сегменте 4—5); под термином «включение (выключение или переключение) эталонного тока узла ...» будем понимать процесс включения (выключения или переключения) эталонного тока соответствующего узла. Укажем также величины $I_{\text{эт.с}}$ и $\Delta_{\text{с}}$ для характеристики компрессии *А-87,6/13*: узел 0—$I_{\text{эт.0}} = 0$ у. е., $\Delta_{0-1} = 1$ у. е.; узел 1—$I_{\text{эт.1}} = 16$ у. е., $\Delta_{1-2} = 1$ у. е.; узел 2—$I_{\text{эт.2}} = 32$ у. е., $\Delta_{2-3} = 2$ у. е.; узел 3—$I_{\text{эт.3}} = 64$ у. е., $\Delta_{3-4} = 4$ у. е.; узел 4—$I_{\text{эт.4}} = 128$ у. е., $\Delta_{4-5} = 8$ у. е.; узел 5—$I_{\text{эт.5}} = 256$ у. е., $\Delta_{5-6} = 16$ у. е.; узел 6—$I_{\text{эт.6}} = 512$ у. е., $\Delta_{6-7} = 32$ у. е.; узел 7—$I_{\text{эт.7}} = 1024$ у. е., $\Delta_{7-8} = 64$ у. е.

Работа кодера на *первом этапе* кодирования при определении и кодировании полярности отсчета не отличается от изложенного выше и особых пояснений не требует.

Особенность *второго этапа* состоит в определении и кодировании узла характеристики компрессии, определяющем начало сегмента, в котором находится кодируемый отсчет (например, узла 0, если отсчет находится в сегменте 0—1; узла 1, если отсчет находится в сегменте 1—2; узла 2, если отсчет находится в сегменте 2—3, и т. д.). Поиск осуществляется за *три такта* кодирования и начинается с включения эталонного тока $I_{\text{эт.4}}$. В первом такте кодирования амплитуда кодируемого отсчета $I_{\text{с}}$ сравнивается с величиной этого тока. Если при сравнении окажется, что $I_{\text{с}} > I_{\text{эт.4}}$, т. е. отсчет находится в зоне 4—8 характеристики компрессии, то ток $I_{\text{эт.4}}$ выключается и включается ток $I_{\text{эт.6}}$. Если при сравнении окажется, что $I_{\text{с}} < I_{\text{эт.4}}$, т. е. отсчет находится в зоне 0—4 характеристики компрессии, то вместо $I_{\text{эт.4}}$ включается $I_{\text{эт.2}}$. Далее в зависимости от результатов сравнения во втором такте кодирования эталонный ток из узла 6 (или 2) переключается в узел 5 (или 1) либо в узел 7 (или 3) в соответствии с диаграммой работы компаратора кодера, показанной на рис. 4.16. Результат сравнения в третьем такте кодирования окончательно уточняет номер узла характеристики компрессии, причем результат сравнения, представленный двоичными символами кодовой комбинации на выходе кодера во 2, 3 и 4-м тактах кодирования, указывает в двоичном коде номер найденного узла и, следовательно, сегмент, в котором находится кодируемый отсчет (например, комбинация двоичных символов 100 указывает на узел 4; 110 — на узел 6; 001 — на узел 1 характеристики компрессии и т. д.).

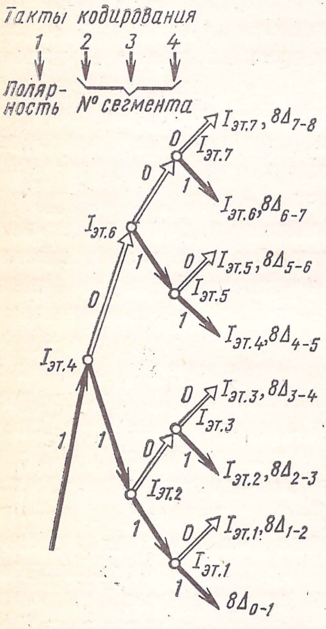
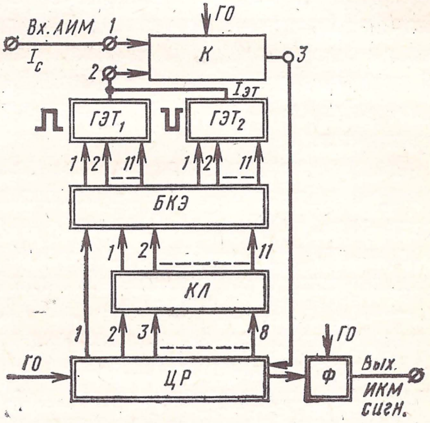

Такты кодирования
1
2
3
4
Полярность
№ сегмента
$I_{эт.7}, 8\Delta_{7-8}$
$I_{эт.7}$
$I_{эт.6}, 8\Delta_{6-7}$
$I_{эт.6}$
$I_{эт.5}, 8\Delta_{5-6}$
$I_{эт.5}$
$I_{эт.4}, 8\Delta_{4-5}$
$I_{эт.4}$
$I_{эт.3}, 8\Delta_{3-4}$
$I_{эт.3}$
$I_{эт.2}, 8\Delta_{2-3}$
$I_{эт.2}$
$I_{эт.1}, 8\Delta_{1-2}$
$I_{эт.1}$
$8\Delta_{0-1}$
0
1

Рис. 4.16. Диаграмма работы кодера при кодировании номера сегмента
←

Рис. 4.17. Нелинейный кодер, структурная схема


Вх. АИМ
1
I_c
2
ГО
К
3
$I_{эт}$
$ГЭТ_1$
$ГЭТ_2$
1
2
11
БКЭ
1
2
11
КЛ
1
2
3
8
ГО
ЦР
ГО
Ф
Вых. ИКМ сигн.

Третий этап является этапом определения и кодирования номера уровня квантования сегмента, в зоне которого находится амплитуда кодируемого отсчета. Этот этап осуществляется в *четыре такта* методами *линейного* кодирования. Здесь следует помнить, что шаг квантования внутри сегмента равномерный, что число шагов квантования равно 16, а вес эталонного тока, определяющего величину шага квантования, равен Δ_c. При кодировании в дополнение к току узла характеристики компрессии последовательно подключаются эталонные токи с весами $8\Delta_c$, $4\Delta_c$, $2\Delta_c$ и Δ_c. Результат сравнения, представленный в 4-разрядном двоичном коде, указывает номер уровня квантования, в зоне которого заключена амплитуда отсчета.

Итак, в результате выполнения указанных операций получается 8-разрядная кодовая комбинация двоичных символов, первый разряд которой указывает полярность кодируемого отсчета (импульс или 1 — отсчет положительный, пробел или 0 — отсчет отрицательный), 2, 3 и 4-й разряды — номер сегмента (узла) характеристики компрессии, выраженный в двоичном коде, а 5, 6, 7 и 8-й разряды — номер шага квантования внутри этого сегмента, в зоне которого заключена амплитуда кодируемого отсчета (также в двоичном коде). Например, кодовая комбинация двоичных символов 11101001 означает, что кодированию подлежал отсчет положительной полярности, амплитуда которого находится в сегменте 6—7 и заключена в зоне 9-го уровня квантования этого сегмента. На характеристике компрессии это соответствует сигналу с амплитудой $0{,}39I_m$, который находится в зоне 105-го уровня квантования.

При декодировании осуществляется обратное цифроаналоговое преобразование сигналов. Особенность нелинейного декодера заключается в формировании характеристики экспандирования, обратной по своему характеру характеристике компрессии (см. рис. 4.15).

Входным сигналом декодера является 8-разрядная кодовая комбинация двоичных символов, определяющая полярность и величину отсчета (номер сегмента и уровня его квантования). В соответствии с принятой кодовой комбинацией цифровые логические устройства, формирующие характеристику экспандирования, включают соответствующие эталоны, суммарный ток которых определяет величину декодированного отсчета АИМ сигнала. Например, при декодировании комбинации двоичных символов 11101001 будут включены источник эталонных токов положительной полярности и эталонные токи с весами, равными $I_{\text{эт.}6}+9\Delta_{6-7}=512+9\cdot 32=$ $=800$ у. е.

Как и при кодировании, характеристика экспандирования в декодере получается с помощью 11 эталонов с условными весами, указанными ранее для характеристики компрессии. Однако для уменьшения погрешности в работе кодека уровни квантования декодера *смещаются* на половину шага квантования по отношению к уровням квантования кодера, для чего в декодере используется еще один, 12-й эталон.

Принцип построения нелинейных кодирующих и декодирующих устройств. Принцип построения нелинейного кодера взвешивающего типа с цифровой компрессией эталонов поясняется на рис. 4.17.

Кодер содержит компаратор *К*, блок выбора и коммутации эталонных токов *БКЭ, генератор положительных* $ГЭТ_1$ и отрицательных $ГЭТ_2$ эталонных токов, компрессирующую логику *КЛ*, цифровой регистр *ЦР* и формирователь *Ф* выходного сигнала кодера. Компаратор определяет знак разности между амплитудами токов кодируемого отсчета $I_с$ и эталона $I_{эт}$. Принцип работы компаратора описан ранее и особых пояснений не требует. Генератор эталонов *ГЭТ* формирует полярность и величины эталонов. По построению он аналогичен *ГЭТ* линейного кодера (см. рис. 4.14*а*), однако количество ключей *Кл* в нем равно 11 (в декодере — 12), а веса коммутируемых ими эталонных токов равны 1, 2, 4, 8, 16, . . ., . . ., 1024 у. е. Цифровой регистр *ЦР* служит для записи решений компаратора после каждого такта кодирования и формирования структуры кодовой группы. В зависимости от решений компаратора *ЦР* выбирает полярность *ГЭТ* и управляет работой компрессирующей логики *КЛ*. Последняя преобразует 7-разрядный код в 11-разрядный двоичный код и формирует в *БКЭ* цепи управления *ГЭТ*, определяя величины эталонов, подключаемых к точке суммирования (вход *2* компаратора). По мере образования кодовой комбинации формирователь *Ф* считывает состояние выходов *1*, *2*, . . ., . . ., *8 ЦР*, преобразуя параллельный код в последовательность двоичных символов цифрового ИКМ сигнала. Работой узлов кодера управляют устройства генераторного оборудования *ГО* системы передачи.

Принцип работы нелинейного кодера во многом аналогичен работе линейного кодера. Для наглядности работу нелинейного кодера поясним на примере кодирования отсчета положительной полярности с амплитудой, равной $0{,}17I_m$ (эквивалентный эталонный ток равен 360 у. е., а амплитуда отсчета находится в зоне 86-го уровня квантования (см. рис. 4.15).

В *исходном положении* выходы *1, 2*, . . ., *8 ЦР* находятся в состоянии 0, *ГЭТ* отключены и $I_{эт}=0$. Кодируемый отсчет $I_с$ подается на вход *1* компаратора. В момент, предшествующий первому такту кодирования, первый выход ЦР переводится в состояние 1, чем включается $ГЭТ_1$ положительной полярности (по аналогии с замыканием ключа $КЛ_+$ на рис. 4.14*а*). Ток $I_{эт}=0$, а $I_с>0$, поэтому на выходе компаратора (точка *3*) в первом такте кодирования будет сформирован 0 и состояние 1 первого выхода *ЦР* сохранится. На этом заканчивается первый этап, в котором определяется и кодируется полярность отсчета.

Второй этап кодирования — определение и кодирование номера сегмента, в котором заключена амплитуда отсчета, — начинается с того, что в состояние 1 переводится второй выход *ЦР* и на вход *2* компаратора подается эталонный ток $I_{эт.4}$ величиной 128 у. е. (узел 4 характеристики компрессии). Поскольку в этом случае $I_с>I_{эт}$, во втором такте кодирования на выходе компаратора будет сформирован 0 и состояние 1 второго выхода *ЦР* сохранится. Далее в состояние 1 переводится третий выход *ЦР*, в результате чего на вход *2* компаратора вместо $I_{эт.4}$ подается эталонный ток $I_{\text{эт.6}}$ величиной 512 у. е. В этом случае $I_{\text{c}} < I_{\text{эт}}$, поэтому в третьем такте кодирования на выходе компаратора будет сформирована 1, которая изменит состояние третьего выхода *ЦР* с 1 на 0. В состояние 1 переводится четвертый выход *ЦР* и на вход *2* компаратора вместо $I_{\text{эт.6}}$ подается $I_{\text{тэ.5}}$ величиной 256 у. е. Так как $I_{\text{c}} > I_{\text{эт.5}}$, то в четвертом такте кодирования на выходе компаратора будет 0 и состояние четвертого выхода *ЦР* сохранится. Итак, по окончании второго этапа кодирования *2*, *3* и *4*-й-выходы *ЦР* будут отмечены состояниями 101 соответственно, что в двоичном коде определяет номер узла (сегмента), в пределах которого находится амплитуда кодируемого отсчета — узел 5 (сегмент 5—6).

В начале *третьего этапа* кодирования (напомним, что это этап линейного кодирования, а его задачей является определение и кодирование номера сегмента, в зоне которого заключена амплитуда отсчета) в состояние 1 переводится *5*-й выход *ЦР* и к эталонному току 256 у. е. добавляется эталонный ток $8\Delta_{5-6} = 128$ у. е. Суммарная величина эталонного тока на входе *2* компаратора в этом случае составит 384 у. е. Поскольку при этом $I_{\text{c}} < I_{\text{эт}}$, в пятом такте кодирования на выходе компаратора будет 1, которая изменит состояние выхода 5 *ЦР* с 1 на 0 и ток $8\Delta_{5-6}$ будет отключен. В состояние 1 переводится выход *6 ЦР*, и к эталонному току 256 у. е. прибавляется эталонный ток $4\Delta_{5-6} = 64$ у. е. Суммарная величина эталонного тока на входе *2* компаратора в этом случае составит 320 у. е., что меньше I_{c}. Решением компаратора в шестом такте кодирования будет 0, и состояние 1 шестого выхода *ЦР* сохранится. В состояние 1 переводится выход *7 ЦР*, и к эталонному току 320 у. е. добавляется эталонный ток $2\Delta_{5-6} = 32$ у. е. Суммарная величина эталонного тока на входе *2* компаратора увеличивается на 32 у. е. и становится равной 352 у. е., что меньше I_{c}. Поэтому в седьмом такте кодирования на выходе компаратора будет 0 и состояние выхода 7 *ЦР* сохранится. Наконец, в состояние 1 переводится последний восьмой выход *ЦР*, а суммарная величина эталонного тока на входе *2* компаратора увеличивается на 16 у. е. и становится равной 368 у. е. Очевидно, что решением компаратора в восьмом такте кодирования будет 1 и состояние выхода *8 ЦР* изменится на 0. Таким образом, по окончании третьего этапа кодирования *5*, *6*, *7* и *8*-й выходы *ЦР* будут отмечены состояниями 0110 соответственно, что в двоичном коде указывает номер уровня квантования сегмента 5—6, в зоне которого находится амплитуда кодируемого отсчета — 6-й уровень квантования.

Итак, отсчет с амплитудой $0{,}17 I_m$ (360 у. е.) закодирован 8-разрядной кодовой комбинацией двоичных символов 11010110, указывающей, что кодируемый отсчет имеет положительную полярность, находится в зоне 86-го уровня квантования и имеет условный вес 352 у. е. Нетрудно заметить, что в данном случае ошибка квантования составила 8 у. е.

В процессе записи решений компаратора на выходах *1*, *2*, . . ., . . ., *8 ЦР* формируется кодовая комбинация двоичных символов в виде параллельного 8-разрядного двоичного кода. По мере завершения тактов кодирования формирователь *Ф* выходного сигнала кодера считывает состояние выходов *ЦР*, преобразуя параллельный код в последовательность двоичных символов цифрового ИКМ сигнала.

Декодер осуществляет цифроаналоговое преобразование кодовых групп ИКМ сигнала в АИМ сигнал, т. е. в отсчеты нужной полярности и амплитуды. Принцип построения нелинейного декодера взвешивающего типа с цифровым экспандированием эталонов поясняется на рис. 4.18. Декодер содержит цифровой регистр *ЦР*, блок экспандирующей логики *ЭЛ*, блок выбора и коммутации эталонных токов *БКЭ* и два генератора эталонных токов положительной *ГЭТ*$_1$ и отрицательной *ГЭТ*$_2$ полярностей.

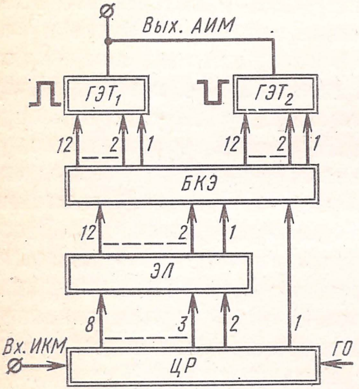


Рис. 4.18. Нелинейный декодер, структурная схема

Восьмиразрядная кодовая группа принятого ИКМ сигнала записывается в *ЦР*, формируясь на его выходах *1*, *2*, ..., *8* в виде параллельного 8-разрядного двоичного кода. Первый разряд этой кодовой комбинации определяет полярность включаемого *ГЭТ*, а 2—8-й разряды — номер сегмента и уровня квантования на характеристике экспандирования (см. рис. 4.15). В соответствии с принятой кодовой комбинацией включаются соответствующие эталоны, суммарный ток которых определяет величину (амплитуду) декодированного отсчета АИМ сигнала. Так, при декодировании кодовой комбинации 11010110 включаются *ГЭТ*$_1$ положительной полярности и ключи с суммарным эталонным током 352 у. е.

Как и при кодировании, характеристика экспандирования формируется в декодере 11 эталонами. Однако для уменьшения погрешности в работе кодека уровни квантования декодера смещены на половину шага квантования по отношению к уровням кодера (например, 5-й уровень квантования кодера в декодере восстанавливается как 5,5). Для этой цели в *БКЭ* добавлен еще один, 12-й эталон.

4.6. ЛИНЕЙНЫЙ ТРАКТ И РЕГЕНЕРАЦИЯ ИКМ СИГНАЛА

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИКМ СИГНАЛА ПО ЛИНИИ СВЯЗИ

Групповой ИКМ сигнал представляет собой *однополярную* последовательность импульсов, следующих с тактовой частотой системы $f_т$ (рис. 4.19*а*). Такой сигнал малопригоден для передачи по линии связи, во-первых, потому, что основная доля его энергии распределена в широком спектре частот (0—$2f_т$ Гц), затрудняющим ее передачу; во-вторых, он подвержен значительным *межсимвольным помехам* из-за непропускания постоянной составляющей и низких частот спектра (согласующие трансформаторы и переходные конденсаторы в тракте), а также ограничения полосы передаваемых частот сверху (возрастание затухания линии с повышением частоты). Влияние межсимвольных помех сводится к увеличению длительности переднего и заднего фронтов импульсов, в результате чего импульсы «расползаются», влияя на соседние импульсные позиции (рис. 4.19*б, в*). В ряде случаев амплитуда импульсов может измениться вдвое, что недопустимо.

Вследствие изложенных причин ИКМ сигнал до передачи в линию подвергается *перекодировке*, в результате он из однополярного преобразуется в *двухполярный* (*биполярный*). При этом чаще всего используется так называемый *квазитроичный код*, формируемый по следующему алгоритму: пробелы (нули) двоичной последовательности преобразованию не подвергаются и остаются пробелами (нулями), а импульсы («единицы») указанной последовательности по отношению к предыдущему импульсу изменяют свою полярность на обратную (рис. 4.19*г*).

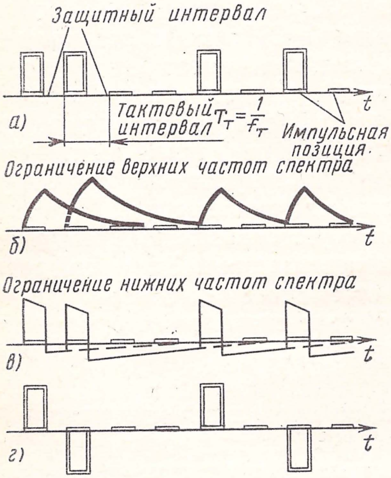
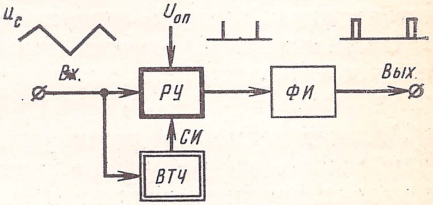

Защитный интервал
а)
Тактовый интервал $T_т = \frac{1}{f_т}$
Импульсная позиция
t
Ограничение верхних частот спектра
б)
t
Ограничение нижних частот спектра
в)
t
г)
t

Рис. 4.19. Последовательность импульсов линейного сигнала

←

Рис. 4.20. Принцип построения регенератора

↓



Как видно, в квазитроичной последовательности сигнал может принимать уже не два, а одно из трех возможных состояний: +1, 0 и —1 (*трехсимвольная* последовательность). Достоинством такого сигнала являются отсутствие постоянной составляющей в спектре и концентрация основной доли энергии сигнала в области частот $f_т/2$. Именно поэтому затухание и ряд характеристик линейного тракта измеряются на этой частоте.

В результате перекодировки влияние межсимвольных помех существенно уменьшается и возрастает дальность передачи. Тем не менее импульсы линейного сигнала подвергаются действию помех. В результате изменяются не только форма, длительность и амплитуда импульсов, но нарушается и их местоположение. Вследствие этого дальность передачи ограничивается и возникает необходимость в восстановлении или *регенерации* ИКМ сигнала.

В задачу регенератора входит восстановление амплитуды, формы и длительности импульсов, а также их временны́х положений. Принцип построения регенератора (для восстановления импульсов одной полярности) поясняется рис. 4.20. В состав регенератора входят решающее устройство *РУ*, выделитель тактовой частоты *ВТЧ* и формирователь импульсов *ФИ*.

Искаженный сигнал $u_с$ поступает на вход решающего устройства, которое определяет, имеется или отсутствует импульс на данной импульсной позиции. Решение о наличии или отсутствии импульса принимается по каждому тактовому интервалу в момент поступления *стробирующего* импульса СИ от выделителя тактовой частоты *ВТЧ*. Если в момент поступления СИ сигнал на входе *РУ* превышает опорное напряжение $U_{оп}$, то принимается решение о наличии импульса на данной импульсной позиции, а на выходе *РУ* появляется импульс, запускающий *ФИ*. В противном случае принимается решение об отсутствии импульса на данной импульсной позиции и *ФИ* не запускается. В момент запуска *ФИ* формирует импульс заданной формы, амплитуды и длительности.

Регенерация ИКМ сигнала может осуществляться *многократно,* при этом помехи практически не накапливаются. Этим цифровые системы связи выгодно отличаются от аналоговых систем, где шумы и помехи накапливаются при передаче сигналов от одного промежуточного усилителя к другому и качество передачи ухудшается.

Важным элементом регенератора, во многом определяющим безошибочность его работы, является *ВТЧ*. В задачу этого устройства входит фиксация величин и местоположения тактовых интервалов, а также формирование стробирующих (квантующих по времени) импульсов, определяющих моменты срабатывания *РУ*. Величины тактовых интервалов определяются путем выделения тактовой частоты из линейного ИКМ сигнала, для чего этот сигнал подвергается двухполупериодному выпрямлению. В спектре однополярного сигнала имеется дискретная составляющая с частотой $f_т$, которая и выделяется с помощью резонансного контура *ВТЧ*. Стробирующие импульсы фазируются относительно входного сигнала таким образом, чтобы стробирование происходило в моменты, когда амплитуда импульса на входе *РУ* максимальна.

Для уменьшения вероятности ошибки при принятии решения величина опорного напряжения $U_{оп}$ устанавливается равной половине амплитуды входного импульса. Таким образом, помеха, не превысившая половины амплитуды входного сигнала, не вызовет ошибочного решения регенератора, а импульс, амплитуда которого под влиянием помех уменьшена не более чем вдвое, будет восстановлен. Дополнительной мерой, уменьшающей вероятность ошибки регенерации, является уменьшение длительности стробирования (длительности СИ).

Ошибка регенерации заключается в формировании (трансформации) «единицы» на входе в «нуль» на выходе и наоборот. Для одиночного регенератора частость ошибки не должна превышать одной на 10^8—10^{10} восстановленных импульсов.

На линии регенераторы устанавливаются последовательно на расстоянии от долей до нескольких километров один от другого. Для быстрого отыскания поврежденного регенератора используется метод дистанционного контроля исправности их работы.

4.7. ГЕНЕРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Генераторное оборудование ГО формирует импульсные последовательности, необходимые для нормальной работы оборудования оконечных станций. Основные частоты, которые вырабатывает ГО, следующие: тактовая частота системы $f_т$, частота следования кодовых групп $f_{к.г}$, частота дискретизации или частота следования циклов $f_д = f_ц$, а также частота дискретизации каналов передачи СУВ или частота следования сверхциклов $f_{д.СУВ} = f_{сцс}$. Указанные частоты связаны между собой следующими соотношениями: $f_т = f_{сцс} mNk$; $f_{к.г} = f_т/m$; $f_д = f_т/mN$; $f_{сцс} = f_т/mNk$, где m — разрядность кода: N — число каналов в системе, а k — число циклов в сверхцикле. В ИКМ-30, например, $m=8$, $N=32$, $k=16$, а $f_{сцс} = 0{,}5$ кГц, откуда $f_т = 2048$ кГц.

При целых m, N и k нужные значения частот импульсных последовательностей получают путем деления $f_т$ в целое число раз (рис. 4.21). Как правило, в качестве делителей частоты применяют регистры, на выходах которых формируются разрядные РИ, канальные КИ и сигнальные СУВ (цикловые Ц) импульсные последовательности. Разрядные импульсы используются для формирования разрядов кодовых групп, канальные — для управления ключами АИМ на передаче и временны́ми селекторами ВС на приеме, а сигнальные — для дискретизации каналов передачи СУВ.

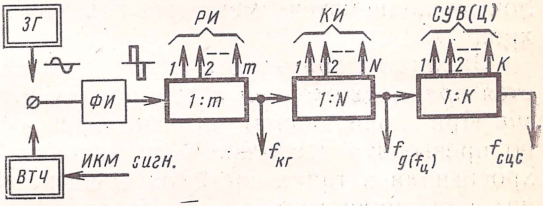


Рис. 4.21. Принцип построения генераторного оборудования

Различие в построении ГО передающей и принимающей оконечных станций заключается лишь в источнике тактовой частоты. На передающей станции эту частоту получают от задающего генератора *ЗГ* с кварцевой стабилизацией частоты, а на принимающей станции — от выделителя тактовой частоты *ВТЧ*. Формирователь импульсов *ФИ* преобразует синусоидальное колебание в импульсную последовательность.

4.8. СИНХРОНИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С ИКМ

Согласованная работа узлов ГО передающей и принимающей оконечных станций обеспечивается устройствами тактовой и цикловой синхронизации. Синхронизация по тактовой частоте обеспечивает равенство скоростей обработки сигналов на передающей и принимающей оконечных станциях. Правильное разделение каналов обеспечивается системой цикловой синхронизации.

Скорость обработки сигналов на передающей станции задается опорным (задающим) генератором *ЗГ*, вырабатывающим тактовую частоту системы. На принимающей станции в качестве опорного генератора используется *ВТЧ*, где тактовая частота системы выделяется из принятого ИКМ сигнала. Этим обеспечивается синхронность работы ГО передающей и принимающей оконечных станций с точностью до такта (тактовая синхронизация).

Цикловая синхронизация обеспечивается путем передачи специального *синхронизирующего сигнала*, по отношению к которому устанавливается порядок распределения кодовых групп по каналам системы. В качестве такого сигнала могут использоваться одиночный импульс или группа двоичных символов определенной структуры. Синхросигнал формируется передатчиком синхросигнала и располагается на определенных импульсных позициях в цикле передачи. Он может передаваться в каждом цикле или через цикл («мигать»). Поскольку структура синхросигнала заранее определена, он легко может быть «опознан» на приеме. Генераторное оборудование приема периодически проверяет наличие синхросигнала на заданных импульсных позициях цикла передачи. При «потере» синхросигнала работа делителей ГО и декодирование сигналов прекращаются, а система переключается в режим *поиска* синхронизма.

Важным параметром системы цикловой синхронизации является *время вхождения в синхронизм* или *время поиска синхронизма*. При значительном числе каналов в системе это время не должно превышать нескольких миллисекунд. Поэтому в качестве синхросигнала в таких системах чаще всего используется *многосимвольная* синхрогруппа, что позволяет обеспечить быстрое ее нахождение при потере синхронизма. Так, в ИКМ-30, например, используется 7-разрядная кодовая группа со структурой вида 0011011, которая передается 1 раз в два цикла.

Приемники многосимвольного синхросигнала весьма разнообразны по принципам своего построения. В ИКМ-30, например, находит применение приемник со скользящим поиском и одноразрядным сдвигом. Принцип работы такого приемника поясняется рис. 4.22.

Принятый ИКМ сигнал поступает на выделитель тактовой частоты *ВТЧ* и одновременно проходит через опознаватель синхрогрупп. При поступлении синхрогруппы в регистр опознавателя последний срабатывает и на выходе схемы И$_1$ появляется сигнал. *Анализатор* сравнивает момент его появления с моментом поступления местного сигнала контроля, формируемого схемой И$_2$ (на схеме предполагается, что синхросигнал передается в первом канальном интервале, занимая все m его импульсных позиций). При совпадении сигналов принимается решение о состоянии синхронизма и анализатор срабатывает по выходу *Синхронизм*. В противном случае формируется сигнал ошибки и анализатор срабатывает по выходу *Ошибка*. Решающее устройство *РУ* (накопитель) считает сигналы ошибки и при поступлении двух — четырех ошибок подряд принимает решение о потере синхронизма, после чего подает сигнал запрета на работу *ГО*. Работа делителя *ГО* и декодирование сигналов прекращаются, однако ячейки m и *КИ*$_1$ остаются включенными, а система переходит в режим поиска синхросигнала. В режиме поиска поразрядная запись ИКМ сигнала в регистр опознавателя продолжается и при поступлении синхрогруппы на выходе схемы И$_1$ вновь появляется сигнал. Анализатор срабатывает по выходу *Синхронизм*, а накопитель *РУ* переводится в исходное состояние, снимая сигнал запрета с работы *ГО*. Если в накопитель *РУ* поступают одиночные сигналы ошибки, не следующие друг за другом подряд, то при последующем этапе контроля, когда анализатор срабатывает по выходу *Синхронизм*, сигналы ошибки, накопленные в накопителе, стираются.

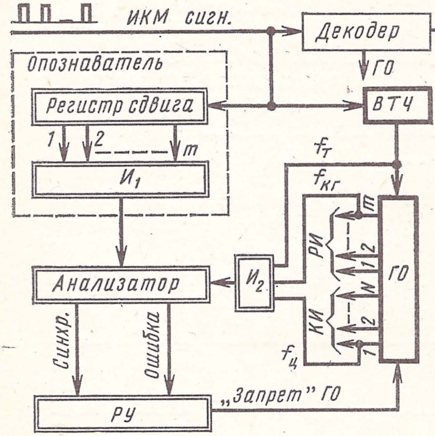


Рис. 4.22. Принцип построения приемника цикловой синхронизации

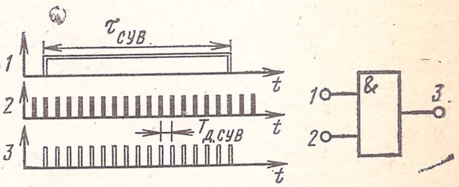


Рис. 4.23. Принцип дискретизации канала передачи СУВ

4.9. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ СУВ

Для передачи сигналов управления и взаимодействия СУВ в системах с ИКМ используются *дискретные* сигнальные каналы (СК), для организации которых отводятся специальные импульсные позиции в цикле передачи. Такие каналы обеспечивают передачу только одного дискретного уровня, соответствующего передаче СУВ, поэтому СУВ не подвергаются квантованию по уровню и кодированию, а, минуя АИМ тракт, через устройство объединения вводятся в ИКМ сигнал непосредственно на импульсные позиции цикла, предназначенные для их передачи.

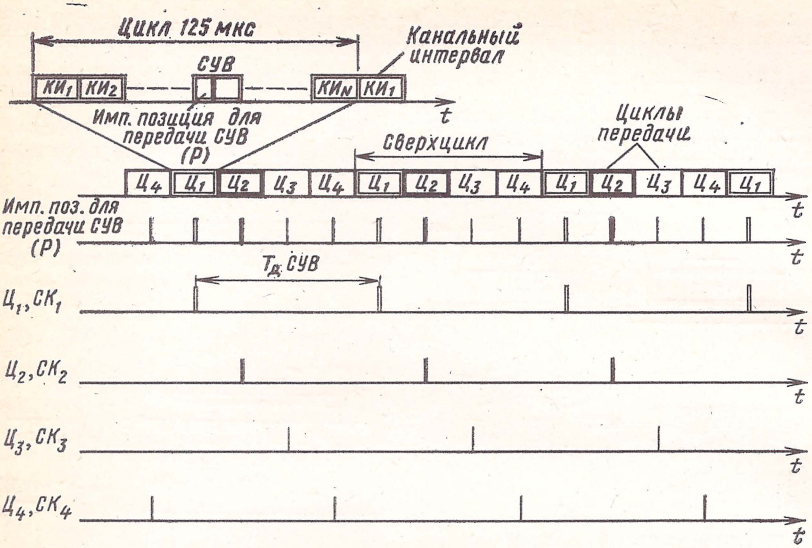

Цикл 125 мкс
СУВ
Канальный интервал
КИ₁
КИ₂
КИ_N
КИ₁
t
Имп. позиция для передачи СУВ (Р)
Циклы передачи
Сверхцикл
Ц₄
Ц₁
Ц₂
Ц₃
Ц₄
Ц₁
Ц₂
Ц₃
Ц₄
Ц₁
Ц₂
Ц₃
Ц₄
Ц₁
t
Имп. поз. для передачи СУВ (Р)
t
Т_Д СУВ
Ц₁, СК₁
t
Ц₂, СК₂
t
Ц₃, СК₃
t
Ц₄, СК₄
t

Рис. 4.24. Временные диаграммы работы каналов передачи СУВ

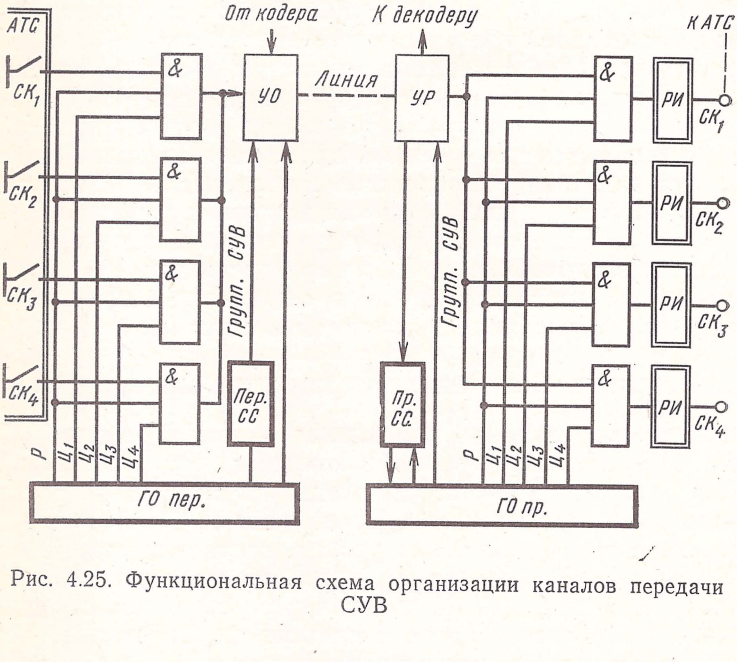

АТС
СК₁
СК₂
СК₃
СК₄
&
От кодера
УО
Линия
УР
К декодеру
К АТС
Групп. СУВ
Пер. СС
Пр. СС
Групп. СУВ
РИ
СК₁
СК₂
СК₃
СК₄
Р
Ц₁
Ц₂
Ц₃
Ц₄
ГО пер.
ГО пр.

Рис. 4.25. Функциональная схема организации каналов передачи СУВ

Дискретизация СУВ по времени осуществляется импульсными последовательностями (импульсными несущими), поступающими от генераторного оборудования. Принцип дискретизации канала передачи СУВ поясняется рис. 4.23.

Период дискретизации СУВ ($T_{\text{д СУВ}}$) обычно находится в пределах 0,5—2,0 мс и намного превышает период дискретизации сигналов телефонных каналов (125 мкс). Это позволяет на одной импульсной позиции цикла организовать несколько дискретных сигнальных каналов с меньшей скоростью передачи. С этой целью каждые несколько циклов передачи объединяются в так называемый *сверхцикл*. Количество циклов в сверхцикле определяет то количество СК, которое может быть получено на каждой импульсной позиции цикла, отведенной для передачи СУВ. Таким образом, за один сверхцикл производится опробование всех сигнальных каналов по 1 разу. Счет циклов в сверхцикле и правильное разделение СК на приеме обеспечиваются системой *сверхцикловой синхронизации.*

На рис. 4.24 показан принцип организации четырех СК, объединенных в сверхцикл, состоящий из четырех циклов передачи, а на рис. 4.25 — функциональная схема, поясняющая передачу этих сигналов (через РИ обозначен расширитель импульсов).

Дискретный метод передачи вызывает искажения длительности СУВ, при этом величина искажений не превышает $\pm T_{\text{д СУВ}}$.

Глава 5. СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ КРР-М

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система передачи КРР-М предназначена для организации пучков соединительных линий на местных телефонных сетях. Система работает по принципу частотного разделения каналов и позволяет образовать 30 двусторонних стандартных каналов ТЧ на одной паре симметричного кабеля марки МКС по двухполосной однокабельной системе. В зависимости от емкости кабеля (4 или 7 четверок) могут быть созданы пучки в $4\times2\times30=240$ или $7\times2\times30=420$ каналов. Максимальная дальность связи составляет 80 км при шести усилительных участках со средней длиной каждого 13 км. При работе на кабеле марки МКС линейный спектр системы занимает 12—548 кГц; от станции *А* к станции *Б* 30-канальный сигнал передается в полосе частот 12—248 кГц, а от станции *Б* к станции *А* — 312—548 кГц.

Для преобразования в каждом канале используются токи индивидуальных несущих частот с интервалом 8 кГц: в первом канале 312, во втором — 320 и т. д. и 544 кГц в тридцатом канале. В результате этого преобразования токи 30 каналов переносятся в полосу частот 312—548 кГц (верхняя полоса частот). Нижняя полоса частот (12—248 кГц) образуется из верхней полосы посредством одной ступени группового преобразования. Ток групповой несущей имеет частоту 560 кГц. Сигналы взаимодействия передаются на частоте 3,8 кГц.

Кроме кабеля МКС может быть использован кабель марки ТЗ или Т. Однако применение этих кабелей весьма ограничено как из-за низкого переходного затухания между парами, так и из-за высокого километрического затухания жил. Для работы систем передачи может быть использован только небольшой процент тщательно отобранных по переходному затуханию пар, а максимальная дальность связи не превышает 40 км на кабеле ТЗ (при длине усилительного участка 5—7 км) и 20 км на кабеле Т (при длине усилительного участка 2—3 км). Работа на кабеле марки Т может вестись только по однополосной двухкабельной системе с передачей в обоих направлениях 30-канального сигнала в спектре частот 12—248 кГц.

Система передачи КРР-М содержит оконечное и промежуточное оборудование. Оконечное, в состав которого входит индивидуальное и групповое, располагается на стойках двух типов: СИГ-1М и СИГ-30М, а промежуточное — на стойках промежуточного усиления СПУ.

Стойка СИГ-1М содержит 30 блоков приемопередатчиков каналов (блоков *ПП*), все групповые и электропитающие устройства, общие для этих 30 каналов, генераторное оборудование, общее для четырех 30-канальных систем, 120 статических реле, через которые подается вызывной (сигнальный) ток в блоки *ПП*, а также защитные и вводные устройства на 120 каналов.

Стойка СИГ-30М является дополнительным индивидуально-групповым устройством и самостоятельно без СИГ-1М использоваться не может. Эта стойка содержит только 30 блоков *ПП* и общие для них групповые и электропитающие устройства.

При работе по двухполосной системе на одной стороне линии устанавливается стойка типа А, а на другой — стойка типа Б (станции АОС и БОС).

Стойки промежуточного усиления содержат только устройства группового оборудования и электропитания.

Все оборудование размещается в блоках и платах и устанавливается на поддонах стоек изолированно от каркаса. Монтажные провода укладываются в боковые полосы каркаса и во внутренние полости поддона, откуда выводятся на пятигнездные колодки, которые крепятся к поддону. Такими же колодками, укрепленными на лицевой панели, оканчивается монтаж блоков. Блоки соединены со стойками пятиножевыми перемычками. На стойке СИГ-1М имеются нестандартные платы, соединенные со стойкой 30-контактными врубными колодками. Все блоки имеют экраны.

В системе передачи КРР-М только индивидуальное оборудование выполнено на транзисторах. Групповое и генераторное оборудование содержит радиолампы, что снижает надежность работы системы. В настоящее время выпуск КРР-М прекращен (но продолжается ее эксплуатация), а основным типом систем передачи с ЧРК на ГТС является ее транзисторный аналог — КАМА. В системе КАМА изменены конструкции и схемы узлов по сравнению с системой КРР-М, но сохранены основные параметры и общие принципы построения узлов и трактов. В настоящем пособии не описываются функциональные схемы отдельных блоков системы КРР-М, а даны только структурные схемы, поясняющие принцип построения и работы системы в целом.

5.2. СХЕМЫ ОКОНЕЧНЫХ СТАНЦИЙ

Система передачи КРР-М может быть включена на соединительной линии ГТС между любыми ступенями группового искания. В качестве переходного согласующего устройства между приборами АТС и оборудованием системы передачи используются комплекты реле соединительных линий с дифсистемами (комплекты *РСЛ-ДС*). Комплекты, применяемые для связи с АТС шаговой системы, принято называть комплектами *РСЛУ*, а для связи с АТС координатной системы — комплектами *РСЛУК*. Каналы, образованные системой передачи, как и низкочастотные соединительные линии, являются каналами одностороннего действия, имеющими различные тракты для передачи и приема информации, поэтому на одной стороне канала устанавливается исходящий комплект (*РСЛУИ*), а на другой — входящий комплект (*РСЛУВ*).

Рассмотрим схемы включения и принцип работы оборудования оконечных станций.

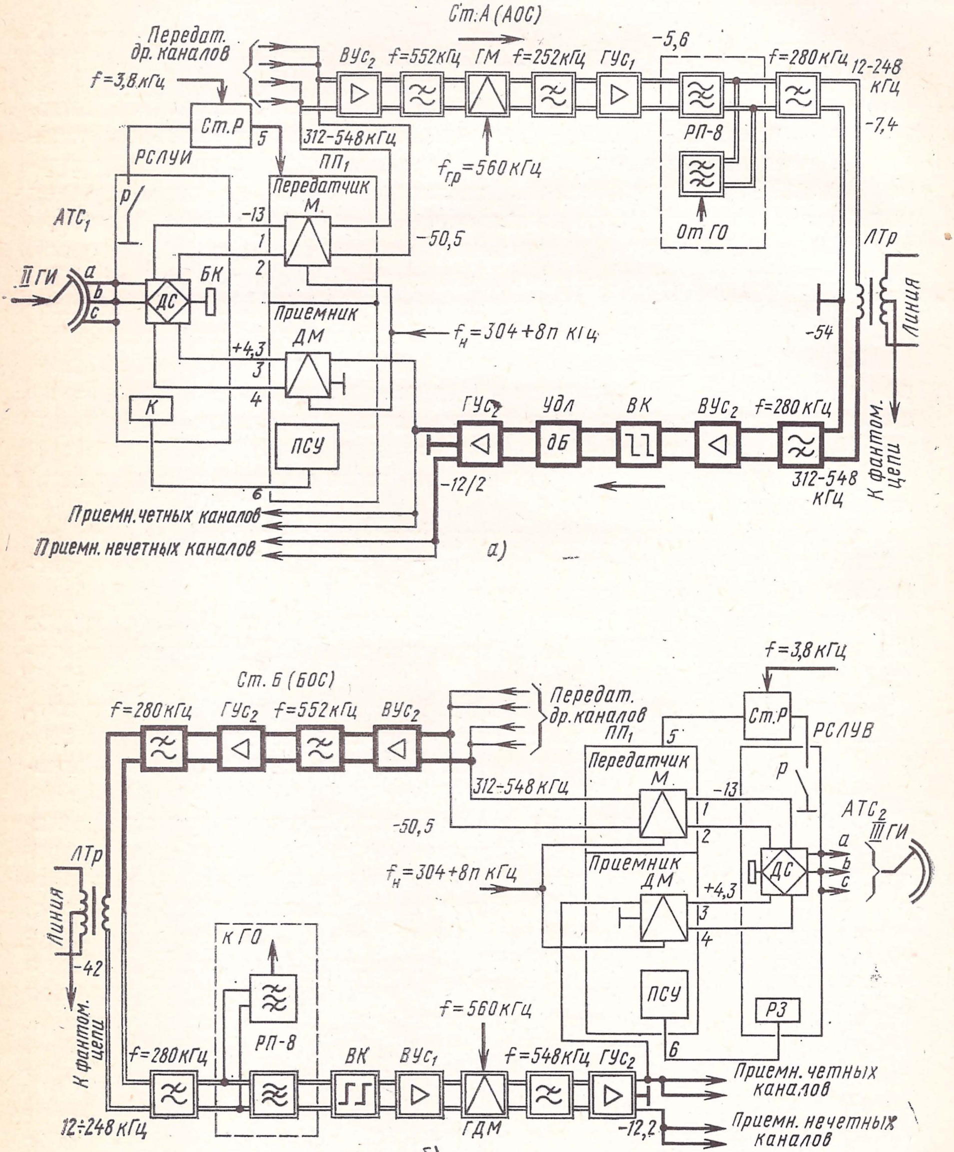
На рис. 5.1*а* приведена структурная схема станции *А*, для которой подробно рассмотрен принцип образования группового сигнала (для станции *Б* он аналогичен).

Индивидуальное оборудование содержит блок *ПП*, статреле *Ст. р* и комплект *РСЛУ* (для примера на АОС включен исходящий комплект).

Блок ПП предназначен для преобразования разговорных и сигнального токов в высокочастотные колебания на передающей стороне канала и обратного преобразования этих токов в тональные — на приемной.

Статреле является управляющим устройством сигнального канала, которое обеспечивает поступление сигнального тока частотой 3,8 кГц в канал только в моменты передачи сигналов управления и взаимодействия (СУВ). Статреле выполнено на транзисторе, в эмиттерной цепи которого имеется управляющий контакт *р*, расположенный в комплекте *РСЛУ*. В моменты замыкания контакта (которые определяются состоянием схемы комплекта) транзистор открывается и пропускает сигнальный ток в передатчик канала. При разомкнутом контакте *р* сигнальный ток в канал не поступает.

Дифсистема ДС комплекта *РСЛУ* разделяет двухпроводный тракт ГТС на два независимых тракта 4-проводного канала тональной частоты: передающий (провода *1—2*) и приемный (провода *3—4*) на исходящей стороне канала — и объединяет оба тракта в один двухпроводный на входящей стороне канала. Собственно релейная схема комплекта *РСЛУ* служит для управления сигнальным каналом, т. е. для передачи СУВ, которыми обмениваются исходящая и входящая АТС в процессе установления соединения и отбоя (сигнал занятия канала, ответа вызванного абонента, подачи отбоя любым из абонентов и др.).



Ст. А (АОС)
Передат. др. каналов
f=3,8 кГц
Ст.Р
РСЛУИ
5
312-548 кГц
ПП₁
Передатчик М
ВУс₂
f=552 кГц
ГМ
f=252 кГц
ГУс₁
−5,6
f=280 кГц
12-248 кГц
−7,4
РП-8
От ГО
f_гр=560 кГц
−13
1
2
−50,5
АТС₁
II ГИ
a
b
c
ДС
БК
Р
Приемник ДМ
+4,3
3
4
f_н=304+8n кГц
ЛТр
Линия
−54
К фантом. цепи
К
ПСУ
6
ГУс₂
Удл
дБ
ВК
ВУс₂
f=280 кГц
312-548 кГц
−12/2
Приемн. четных каналов
Приемн. нечетных каналов
а)
Ст. Б (БОС)
f=280 кГц
ГУс₂
f=552 кГц
ВУс₂
Передат. др. каналов
f=3,8 кГц
Ст.Р
РСЛУВ
5
ПП₁
Передатчик М
312-548 кГц
−13
Р
1
2
−50,5
АТС₂
III ГИ
a
b
c
ДС
f_н=304+8n кГц
Приемник ДМ
+4,3
3
4
ЛТр
Линия
−42
К фантом. цепи
К ГО
РП-8
ПСУ
РЗ
6
f=280 кГц
ВК
ВУс₁
f=560 кГц
ГДМ
f=548 кГц
ГУс₂
12÷248 кГц
−12,2
Приемн. четных каналов
Приемн. нечетных каналов
б)

Рис. 5.1. Структурные схемы оконечных станций

В соответствии с рис. 5.1 исходящей станцией является $АТС_1$ шаговой системы (в случае включения АТС другой системы меняется тип комплекта *РСЛУ*, а не принцип его соединения с системой передачи). Исходящий комплект *РСЛУИ* соединен с контактным полем группового искателя (здесь *IIГИ*) проводами *a*, *b*, *c*. При передаче разговора на вход *1—2* канала с проводов *a*, *b* через *ДС* поступают тональные токи с уровнем —13 дБ (входное сопротивление канала 600 Ом). В передатчике происходит модуляция, для которой используется ток индивидуальной несущей частоты, определяемой по формуле $f_{\text{н}}=304+8n$, где n — номер канала. Для первого канала — это 312 кГц, для второго — 320 кГц и т. д. и 544 кГц для 30-го канала. В результате модуляции и одновременного подавления токов несущей частоты и нижней боковой полосы частот на выходе каждого передатчика имеются только токи верхней боковой полосы, т. е. токи с частотами вида $f_{\text{н}}+(0{,}3\div3{,}4)$ кГц. Выходы передатчиков всех 30 каналов соединены параллельно и подключены ко входу группового тракта передачи.

Рассчитаем спектр частот группового сигнала. Для первого канала: $312+(0{,}3\div3{,}4)=312{,}3\div315{,}4$ кГц; для второго: $320+(0{,}3\div3{,}4)=320{,}3\div323{,}4$ кГц и т. д. и 544,3—547,4 кГц для 30-го канала.

Таким образом, групповой сигнал, образующийся при передаче разговора по 30 каналам, занимает спектр частот 312,3—547,4 кГц, а с учетом тока сигнальной частоты 3,8 кГц — до 547,8 кГц, или округленно 312—548 кГц. Уровень передачи токов этого сигнала равен —50,5 дБ на нагрузке 75 Ом[1].

Образование спектра частот 312—548 кГц, а также преобразование его в спектр 12—248 кГц показано на рис. 5.2. Этот широкополосный сигнал поступает на вход группового тракта передачи.

Групповые тракты оконечных станций — это узлы аппаратуры, заключенные между блоками *ПП* и линией, через которые прохо-

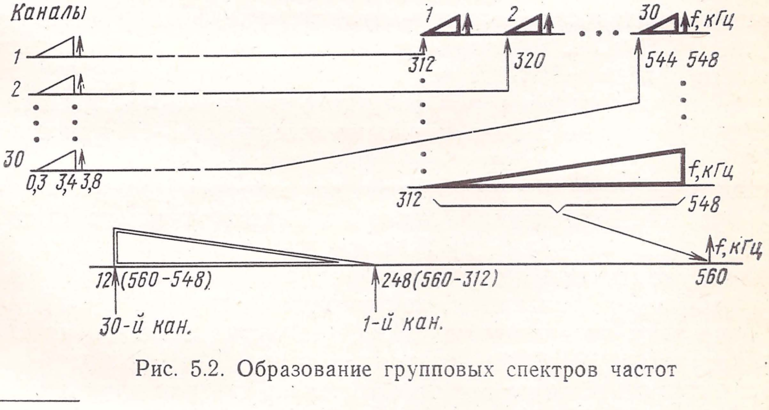


Рис. 5.2. Образование групповых спектров частот

дит сигнал от передатчика канала до линии (тракт передачи) и от линии до приемника канала (тракт приема). Групповой тракт передачи формирует сигнал для передачи его в линию, т. е. отфильтровывает всевозможные помехи, преобразует частоты группового сигнала (смещает его из одной полосы в другую), если это требуется, и усиливает его до номинального уровня. Групповой тракт приема принимает сигнал с линии, компенсирует возникшие в нем искажения, восстанавливает преобразованный на передающей станции спектр частот в исходный и усиливает сигнал до номинального уровня.

---

[1] В системе КРР-М низкочастотные окончания канала (вход передатчика, выход приемника) имеют входное сопротивление 600 Ом, все блоки групповых трактов — 75 Ом, а линейная цепь — 160 Ом.

Групповой тракт передачи АОС предназначен для преобразования группового сигнала со спектром 312—588 кГц в сигнал со спектром 12—248 кГц, усиления его до уровня — 5,6 дБ и передачи в линию.

На входе группового тракта включен вспомогательный усилитель верхней полосы частот *ВУС*$_2$, который обеспечивает предварительное усиление токов с частотой 312—548 кГц.

Фильтр нижних частот *ФНЧ* с частотой среза $f=552$ кГц подавляет побочные продукты индивидуального преобразования, частота которых выше 552 кГц. Этим предотвращается перегрузка группового преобразователя и обеспечивается режим его работы с наименьшими искажениями.

Групповой модулятор *ГМ* смещает полосу частот 312—548 кГц в полосу 12—248 кГц посредством групповой несущей 560 кГц. В результате преобразования образуются две полосы частот: нижняя боковая $560-(312\div548)=12\div248$ кГц и верхняя боковая $560+(312\div548)=872\div1108$ кГц. Далее в тракте используются только токи нижней боковой полосы, а верхняя боковая и все побочные продукты преобразования подавляются *ФНЧ* с частотой среза $f=252$ кГц.

Групповой усилитель нижней полосы частот *ГУс*$_1$ усиливает токи с частотой 12—248 кГц до уровня —5,6 дБ. На стойках СИГ-30 эти токи проходят далее через направляющий фильтр ФНЧ с частотой среза 280 кГц, линейный трансформатор *ЛТр* и поступают в линию. На стойках СИГ-1А перед *ФНЧ* включена пара фильтров: режекторный *Р-8* и полосовой *П-8*, которые обеспечивают передачу синхронизирующего тока 8 кГц на стойку СИГ-1Б противоположной станции и относятся к генераторному оборудованию станции. Направляющий фильтр разделяет токи передающего и приемного трактов, протекающие в разных направлениях по одной цепи. Линейный трансформатор *ЛТр* служит для образования симметричной схемы линейного входа аппаратуры (согласует несимметричную схему фильтра с симметричной двухпроводной линией) и рассчитан на включение между нагрузками 75 Ом со стороны аппаратуры и 160 Ом со стороны линии.

Через средние точки линейных трансформаторов двух цепей образуется фантомная цепь для служебной связи и для передачи дистанционного питания на необслуживаемые усилительные пункты НУП.

С выхода *ЛТр* групповой сигнал в спектре 12—248 кГц с уровнем —7,4 дБ передается по линии на промежуточную станцию или на оконечную БОС. В этом спектре несущая частота канала может быть рассчитана по формуле $f_н=560-(304+8)$, а токи канала (полезный сигнал) располагаются ниже несущей. Так, полезный сигнал первого канала занимает приближенно полосу 312—316 кГц до группового преобразования и 560—(312—316), т. е. 244—248 кГц после преобразования, а несущей 312 кГц в преобразованном сигнале соответствует 248 кГц. Аналогично 30-й канал смещается из полосы 544—548 кГц в полосу 12—16 кГц (см. рис. 5.2).

Групповой сигнал, поступающий в тракт приема АОС, занимает спектр частот 312—548 кГц и, следовательно, не требует группового преобразования. Тракт приема должен только скомпенсировать амплитудно-частотные искажения сигнала и усилить его до —12,2 дБ.

Уровень сигнала на входе тракта может быть разным в зависимости от длины предшествующего усилительного участка, но не ниже —54 дБ (в случае максимальной длины усилительного участка 14 км). Пройдя *ЛТр* и направляющий фильтр верхних частот *ФВЧ* с частотой среза 280 кГц, сигнал поступает в блок группового усилителя приема. В блоке находятся также вспомогательный усилитель *ВУс*$_2$, звенья выравнивающих контуров *ВК* и удлинителя *Удл*. Принцип выравнивания уровня сигнала пояснен в гл. 3. Здесь же укажем, что всего имеются три звена ВК, из которых одно служит для компенсации искажений, внесенных двумя направляющими фильтрами *ФВЧ* (одним на выходе тракта передачи БОС, вторым на входе тракта приема АОС), и называется фильтровым выравнивателем; два других звена компенсируют искажения, внесенные участком линии, и называются линейными выравнивателями. Удлинитель служит для плоской, т. е. одинаковой для всех частот, регулировки уровня.

Групповой усилитель *ГУс*$_2$ доводит уровень сигнала до —12,2 дБ. Для большей защищенности каналов от взаимных переходов усилитель имеет два выхода; к одному подключено параллельно 15 приемников четных, а к другому — 15 приемников нечетных каналов.

В приемнике токи каждого канала выделяются из общего группового сигнала и с помощью демодулятора *ДМ* переносятся в исходную полосу тональных частот. При этом для демодуляции в приемнике используется ток той же несущей частоты $f_н$, что и для модуляции в передатчике этого канала.

Структурная схема станции *Б* приведена на рис. 5.1*б*, в соответствии с которой АТС-2 является входящей станцией, поэтому в индивидуальном оборудовании станции установлен входящий комплект *РСЛУВ*, который соединен со входом группового искателя *IIIГИ*. Поскольку групповой сигнал образуется точно так же, как на станции *А*, и функции, выполняемые одноименными узлами групповых трактов для станции *Б* те же, что и для станции *А*, то ниже приводится только краткое описание групповых трактов.

Назначение тракта передачи БОС: усилить групповой сигнал со спектром 312—548 кГц до уровня —2,2 дБ и передать его в линию. Сигнал с указанным спектром образуется непосредственно в блоках *ПП*, поэтому в этом тракте отсутствуют *ГМ* и *ФНЧ* с частотой среза 252 кГц. Здесь отсутствует также пара фильтров *РП-8*, так как ток частотой 8 кГц передается только в направлении от АОС к БОС. Остальные узлы и их назначение в трактах БОС и АОС аналогичны. Уровни в разных точках (диаграмма уровней) проставлены на схеме. Отметим только, что уровень передачи БОС выше, чем АОС (соответственно —2,2 и —5,6 дБ), вследствие того, что передача по линии сигнала в спектре 312—548 кГц сопровождается бóльшим ослаблением, чем в спектре 12—248 кГц.

Назначение тракта приема БОС: принять сигнал со спектром 12—248 кГц, преобразовать его в спектр 312—548 кГц, скомпенсировать амплитудно-частотные искажения и усилить до —12,2 дБ.

Сигнал со спектром 12—248 кГц и уровнем, соответствующим паспорту данной станции (для усилительного участка 14 км — 42 дБ), проходит через *ЛТр*, направляющий *ФНЧ* с частотой среза 280 кГц и вспомогательный усилитель *$ВУс_1$* (на стойке СИГ-1М перед *$ВУс_1$* включена пара фильтров *РП-8*). В том же блоке, что и *$ВУс_1$*, находятся звенья *ВК*, фильтровый выравниватель, два линейных выравнивателя и удлинитель (на схеме не показан). Далее сигнал поступает на групповой демодулятор *ГДМ*, где посредством групповой несущей 560 кГц преобразуется в сигнал со спектром 312—548 кГц. Фильтр нижних частот с частотой среза 548 кГц подавляет все побочные продукты преобразования с частотой выше 548 кГц. Групповой усилитель *$ГУс_2$* усиливает сигнал, занимающий спектр частот от 312 до 548 кГц, до уровня —12,2 дБ. К двум выходам *$ГУс_2$* подключено по 15 приемников каналов — четных и нечетных.

5.3. СХЕМЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Промежуточные станции устанавливаются при длине соединительного кабеля марки МКС более 14 км. Назначение станции: скомпенсировать ослабление, а также амплитудно-частотные искажения сигнала, внесенные предшествующим усилительным участком. Промежуточные усилительные станции не содержат индивидуального оборудования; они комплектуются только блоками групповых усилителей передачи и приема, линейными трансформаторами и направляющими фильтрами нижних и верхних частот.

Структурная схема промежуточной усилительной станции приведена на рис. 5.3. На вход станции в направлении *А—Б* поступает групповой сигнал в спектре частот 12—248 кГц с уровнем —42 дБ. Пройдя линейный трансформатор *$ЛТр_1$* и направляющий фильтр *ФНЧ*, этот сигнал усиливается групповым усилителем *$ГУс_1$*

и выравнивается посредством фильтровых и линейных выравнивателей (см. тракт приема БОС). Через другой направляющий фильтр и линейный трансформатор $ЛТр_2$ сигнал передается в линию на следующую промежуточную или оконечную станцию.

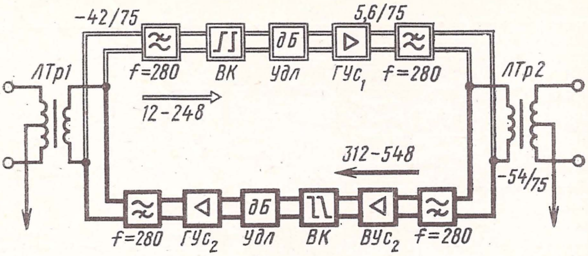


Рис. 5.3. Структурная схема промежуточной усилительной станции

В направлении передачи сигнала верхней полосы частот 312—548 кГц схема усилительной станции полностью соответствует схеме группового тракта приема АОС. При длине соединительного кабеля меньше 12,5 км вспомогательный усилитель $ВУс_2$ может не включаться.

На одной стойке СПУ устанавливаются две усилительные станции (трансляции) и одна общая для них плата питания: местного на стойках СПУ-2М или дистанционного на стойках СПУ-2Д.

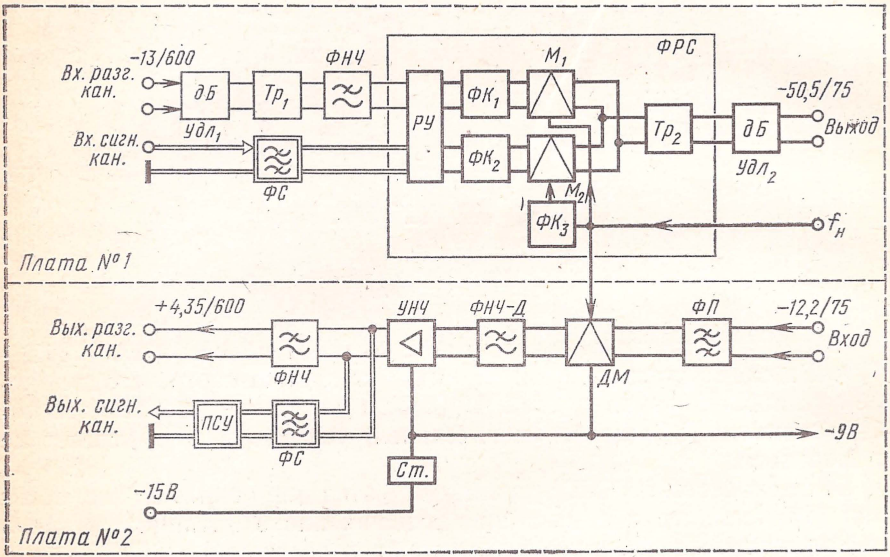
5.4. ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК

Блок *ПП* является основным устройством, устанавливаемым в каждом канале, поэтому его стоимость существенно влияет на стоимость оконечного оборудования станции, а значит, и системы передачи в целом. Принцип построения блока *ПП* является главной отличительной особенностью аппаратуры КРР[1] по сравнению с другими системами передачи с ЧРК. Так как все другие системы предназначены для работы на линиях большой протяженности, где основные затраты приходятся на сами линии, а не на оконечное оборудование, то к стоимости последнего в них предъявляются менее жесткие требования и индивидуальное оборудование в них строится по стандартному типу. В блоках *ПП* аппаратуры КРР применена фазоразностная схема модуляции *ФРС*, которая намного удешевляет оконечное оборудование, но не позволяет эффективно использовать линии связи (на один канал здесь отводится не 4, а 8 кГц) и поэтому не пригодна для длинных линий.

Блок *ПП* выполнен с помощью печатного монтажа на двух платах: передатчика и приемника. В передатчике разговорные и сигнальные токи преобразуются в высокочастотные колебания. Используемая при этом *ФРС* обеспечивает подавление токов одной из боковых полос без применения дорогостоящего полосового фильтра. В приемнике происходит демодуляция, в результате которой восстанавливаются токи тональной частоты.

---

[1] Здесь и далее обозначение КРР относится ко всем разновидностям данной аппаратуры, в том числе и к системе КАМА.



−13/600
Вх. разг. кан.
дБ
Тр1
ФНЧ
Удл1
Вх. сигн. кан.
ФС
РУ
ФК1
ФК2
М1
М2
ФРС
ФК3
Тр2
дБ
Удл2
−50,5/75
Выход
fн
Плата №1
+4,35/600
Вых. разг. кан.
ФНЧ
УНЧ
ФНЧ-Д
ДМ
ФП
−12,2/75
Вход
Вых. сигн. кан.
ПСУ
ФС
−9В
Ст.
−15В
Плата №2

Рис. 5.4. Приемопередатчик канала

Передатчик (плата № 1) (рис. 5.4) имеет два входа: один для разговорного, другой для сигнального каналов и один общий выход.

На вход разговорного канала поступают токи тональных частот с уровнем —13 дБ. Удлинитель *Удл*$_1$ обеспечивает 600-омный вход и требуемую диаграмму уровней передатчика. Симметрирующий трансформатор *Тр*$_1$ согласует симметричный вход передатчика с несимметричной схемой *ФНЧ*.

Фильтр нижних частот подавляет все токи с частотой выше 3,4 кГц, которые образуются при разговоре абонентов и могут создать помехи в соседних каналах, а также в собственном сигнальном канале. Например, ток частотой 3,8 кГц, пройдя по тракту передачи вместе с другими токами, будет воспринят на приемном конце как сигнальный, в результате чего абоненты услышат зуммер *Занято* при разговоре.

На входе сигнального канала включен полосовой фильтр *ФС* с минимумом ослабления сигнала на частоте 3,8 кГц. Токи других частот, которые могут образоваться, например, при наборе номера, фильтром задерживаются. Уровень сигнального тока на 5,2± ±1,7 дБ ниже, чем разговорных. Далее тракты обоих каналов объединяются на развязывающем устройстве *РУ*, через которое разговорные и сигнальный токи проходят в схему фазоразностной модуляции *ФРС*; *РУ* разделяет эту схему на две независимые ветви.

В схеме фазоразностной модуляции токи тональной частоты преобразуются в ВЧ колебания и токи одной боковой полосы частот подавляются.

Подавление токов этой полосы достигается в результате образования двумя модуляторами — M_1 и M_2 — противофазных (сдвинутых относительно друг друга на 180°) токов. Последние, пройдя через общую нагрузку, взаимно уничтожаются. Чтобы выходные токи модуляторов имели сдвиг по фазе на 180°, необходимо подать на модуляторы исходные колебания (тональных частот и несущей) с относительным сдвигом на 90°. Для этого служат фазовые контуры *ФК*, причем $ФК_1$ и $ФК_2$ создают в одной и другой ветвях схемы такие фазовые сдвиги φ_1 и φ_2 для токов с частотой 300—3800 Гц, что разность между ними $\varphi_1 - \varphi_2$ составляет 90°. Для тока несущей (колебания одной частоты) это достигается одним контуром $ФК_3$.

Суммирующий трансформатор $Тр_2$ объединяет выходные токи обоих модуляторов; при этом токи верхних боковых полос совпадают по фазе и складываются, а токи нижних боковых противоположны по фазе и вычитаются один из другого, т. е. уничтожаются. Практически невозможно обеспечить ни точного сдвига по фазе на 90° для любой из тональных частот, ни точного равенства уровней в обеих ветвях *ФРС*. Поэтому токи нижней боковой полосы не уничтожаются полностью, а только ослабляются так, чтобы остались в норме основные параметры канала (и поэтому же на канал отводится не 4, а 8 кГц). В блоке *ПП* обеспечено подавление токов нижней боковой полосы на 25 дБ, т. е. ослабление их по сравнению с полезным сигналом (верхней боковой) приблизительно в 20 раз. Ток несущей частоты подавляется схемами балансных модуляторов на 15 дБ.

Удлинитель $Удл_2$ развязывает выходы 30 параллельно включенных передатчиков и обеспечивает требуемое выходное сопротивление платы.

Приемник (плата № 2) имеет общий вход и раздельные выходы для разговорного и сигнального каналов.

На приемники каналов поступает групповой сигнал в спектре 312—548 кГц, который распределяется по каналам с помощью полосовых фильтров *ФП*.

Демодулятор преобразует высокочастотный сигнал в токи тональной частоты. На него подается ток той же несущей частоты $f_н$, что и на модуляторы канала. Напряжение несущей составляет 1,2±0,1 В.

Дополнительный фильтр нижних частот *ФНЧ-Д* задерживает остаток тока несущей частоты и токи верхней боковой полосы.

Усилитель низкой частоты *УНЧ* усиливает токи разговорного и сигнального каналов, которые далее распределяются по двум трактам.

В тракте разговорного канала включен *ФНЧ* с частотой среза 3,4 кГц. Уровень токов на выходе разговорного канала составляет +4,35 дБ.

В тракте сигнального канала включены фильтр *ФС*, настроенный на частоту 3,8 кГц, и приемник сигналов управления *ПСУ*. Последний предназначен для приема посылок сигнального тока и преобразования его в постоянный ток, управляющий работой приемного реле комплекта *РСЛУ* (см. реле *К* и *РЗ* на рис. 5.1). Контактами этих реле обеспечивается передача СУВ на приборы АТС, в результате чего схемы этих приборов приходят в состояние занятия, набора номера, ведения разговора и т. д. Для надежной работы этих реле ток в их обмотках должен либо полностью отсутствовать (ток покоя ПСУ I_0 — менее 500 мкА), либо иметь максимальное значение ($I_р=45\pm3$ мА). Чтобы *ПСУ* работал как переключатель, имеющий только два устойчивых состояния: открыт — закрыт — с резким переходом из одного в другое, он выполнен по триггерной схеме.

Питание всех узлов блока, кроме *ПСУ*, осуществляется выпрямленным напряжением 15 В через стабилизатор напряжения *Ст*. Приемник сигналов управления получает питание от станционной батареи напряжением 60 В.

5.5. ГЕНЕРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Генераторное оборудование вырабатывает токи 30 индивидуальных несущих частот, определяемых по формуле $f_н=304+8n$, где n — номер канала, ток групповой несущей частоты 560 кГц и ток сигнальной частоты 3,8 кГц. Оборудование построено по гармонической системе с опорной частотой 8 кГц. Чтобы токи несущей частоты на противоположных концах канала имели одно и то же значение, производится синхронизация частоты, при которой генераторы гармоник оконечных станций работают от одного и того же тока. Возможна синхронизация попарная и общая. При попарной синхронизации опорный ток вырабатывается на одной из оконечных станций и передается вместе с групповым сигналом на другую оконечную станцию. Передача ведется от АОС к БОС, на которой задающий генератор выключен. На ГТС больших городов применяется способ общей, единой синхронизации, при котором опорный ток вырабатывается в одном пункте и передается по линиям на все оконечные станции.

Схема построения генераторного оборудования приведена на рис. 5.5. Ток опорной частоты 8 кГц вырабатывается высокостабильным задающим генератором *ЗГ*. Таких генераторов два: основной и резервный. Их выходы подключены к нагрузке параллельно, но один из них выключен контактами реле, содержащегося в специальном релейном комплекте *РК-ЗГ*[1]. Через дифсистему

---

[1] Все релейные комплекты, переключающие блоки с основных на резервные и наоборот, находятся на плате защиты и сигнализации стойки СИГ-1М (плате ЗИС).

ДС-ЗГ задающий ток может быть передан в двух направлениях: 1) на дифсистему генератора гармоник *ДС-ГГ* своей станции и 2) через полосовой фильтр *П-8* на противоположную станцию. Переключатель *П* в этом случае ставится в положение *1*. Если на данной станции собственный *ЗГ* не используется, а подается ток другой станции (внешняя синхронизация), то переключатель *П* ставится в положение *2*. При этом синхронизирующий ток, поступающий на данную станцию, проходит через фильтр *П-8*, положение *2* переключателя, дифсистему генератора гармоник *ДС-ГГ*.

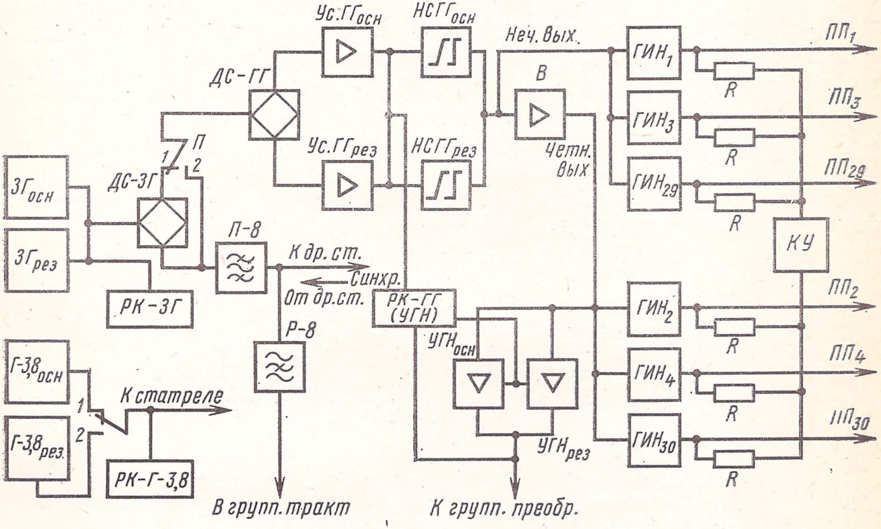

$Ус.ГГ_{осн}$
$НСГГ_{осн}$
Неч. Вых.
$ПП_1$
$ГИН_1$
ДС-ГГ
В
R
$ПП_3$
$ГИН_3$
П
1
2
$Ус.ГГ_{рез}$
$НСГГ_{рез}$
Четн. вых
$ПП_{29}$
$ГИН_{29}$
ДС-ЗГ
$ЗГ_{осн}$
$ЗГ_{рез}$
П-8
К др. ст.
Синхр.
От др. ст.
РК-ГГ (УГН)
КУ
$ПП_2$
$ГИН_2$
РК-ЗГ
Р-8
$УГН_{осн}$
$Г\text{-}3{,}8_{осн}$
$ПП_4$
$ГИН_4$
К статреле
1
2
$Г\text{-}3{,}8_{рез}$
$УГН_{рез}$
$ГИН_{30}$
$ПП_{30}$
РК-Г-3,8
В групп. тракт
К групп. преобр.

Рис. 5.5. Построение генераторного оборудования

К последней подключены основной и резервный блоки генератора гармоник, содержащие усилитель *УС-ГГ* и нелинейную систему *НС-ГГ*. При работе одного из усилителей второй выключается релейным комплектом *РК-ГГ* (*УГН*). Нелинейная система генератора гармоник искажает задающий ток синусоидальной формы так, что в нем появляется множество нечетных гармоник частоты 8 кГц, например 3×8=24 кГц; 5×8=40 кГц и т. д., т. е. токи с частотами, отстоящими друг от друга на 16 кГц. Как указывалось выше, для индивидуального преобразования требуются токи несущих частот с интервалом 8 кГц, поэтому *ГГ* имеет второй выход, образованный выпрямительным мостиком. В токе на этом выходе *ГГ* содержатся только четные гармоники. К каждому выходу подключены генераторы индивидуальных несущих *ГИН* соответственно нечетных и четных каналов. В *ГИН* гармоники опорной частоты выделяются узкополосными фильтрами, усиливаются и стабилизируют токи индивидуальных несущих, необходимых для работы блоков *ПП*.

Для контроля за частотой *ГИН* имеется блок контрольного устройства *КУ*, к которому через развязывающие резисторы *R* подключены контрольные выходы всех *ГИН*.

Кроме *ГИН* четных каналов к четному выходу *ГГ* подключены усилители групповой несущей частоты. Эта частота равна 560 кГц и получается как 70-я гармоника опорной частоты 8 кГц. При работе одного из усилителей *УГН* второй отключается тем же релейным комплектом *РК*, что и усилитель генератора гармоник.

Автономными генераторами, не связанными с гармонической системой, являются основной и резервный блоки генератора сигнального тока *Г-3,8* кГц. Подключение одного из них к нагрузке (120 статреле) производится посредством релейного комплекта *РК-Г-3,8*.

Как видно из рисунка, в генераторном оборудовании резервируются все блоки, кроме *ГИН* и *КУ*. Для переключения блоков с основных на резервные и наоборот и обеспечения соответствующей сигнализации на плате *ЗИС* имеются три релейных комплекта: *РК-3Г; РК-ГГ* (*УГН*) и *РК-Г-3,8*.

В качестве примера рассмотрим принцип переключения генератора сигнального тока, т. е. комплект *РК-Г-3,8,* схема которого приведена на рис. 5.6.

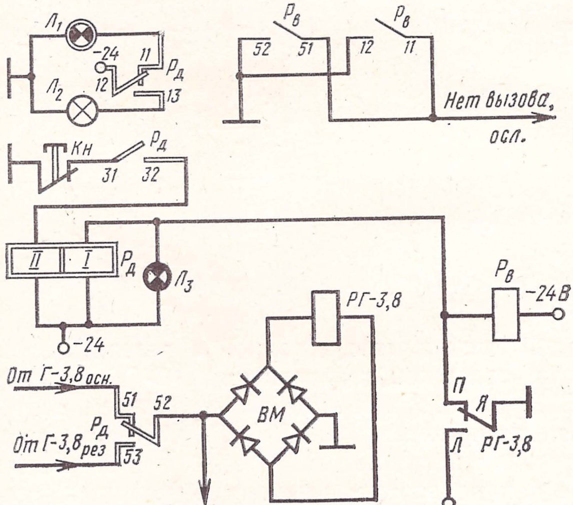


Рис. 5.6. Переключающий комплект генератора сигнального тока

Комплект содержит поляризованное реле *РГ-3,8*; два реле типа РПН: $Р_в$ и $Р_д$; кнопку *Кн* и три сигнальные лампы: $Л_1$ — зеленую, $Л_2$ — белую и $Л_3$ — красную.

К выходу основного или резервного блока генератора *Г-3,8* через контакты реле $Р_д$ (*51—52* для основного и *52—53* для резервного) подключается нагрузка и параллельно через выпрямительный мостик поляризованное реле *РГ-3,8*. Лампы в генераторах —

подогревные, поэтому сразу после включения стойки выходное напряжение генераторов мало́ и реле *РГ-3,8* не работает, его якорь находится у правого контакта *П*, образуя цепь работы реле $Р_в$: +24 В, контакт *Я-П* реле *РГ-3,8*, реле $Р_в$, —24 В. Параллельно реле $Р_в$ включены обмотка *1* реле $Р_д$ и лампа $Л_3$ (кр), сигнализирующая об отсутствии сигнального тока. Контакты *11—12* и *51—52* реле $Р_в$ создают цепи общестоечной сигнализации (лампа и звонок) и аварийной внешней сигнализации «Нет вызова».

Реле $Р_д$, сработав, контактом *31—32* замыкает цепь своей обмотки *II*, которой оно будет удерживать соединение через кнопку *Кн*. Контактами *51—52—53* реле $Р_д$ переключается нагрузка с основного блока *Г-3,8* на резервный, а контактом *12—13* этого реле включается сигнальная лампа $Л_2$ (бел).

После прогрева ламп и установления нормального режима работы генераторов ток с резервного блока поступает на реле *РГ-3,8*, которое, сработав, перебрасывает якорь к левому контакту. Отпускает реле $Р_в$, контактами которого обрываются все цепи, сигнализировавшие об отсутствии сигнального тока. Обесточивается обмотка *I* реле $Р_д$. Под током остаются обмотка *II* $Р_д$ и лампа $Л_2$ (бел), указывающая на то, что нагрузка подключена к резервному блоку *Г-3,8*.

Для перехода на основной блок надо нажать кнопку *Кн*. Отпускает реле $Р_д$, нагрузка переключается на основной блок и загорается лампа $Л_1$ (зел.).

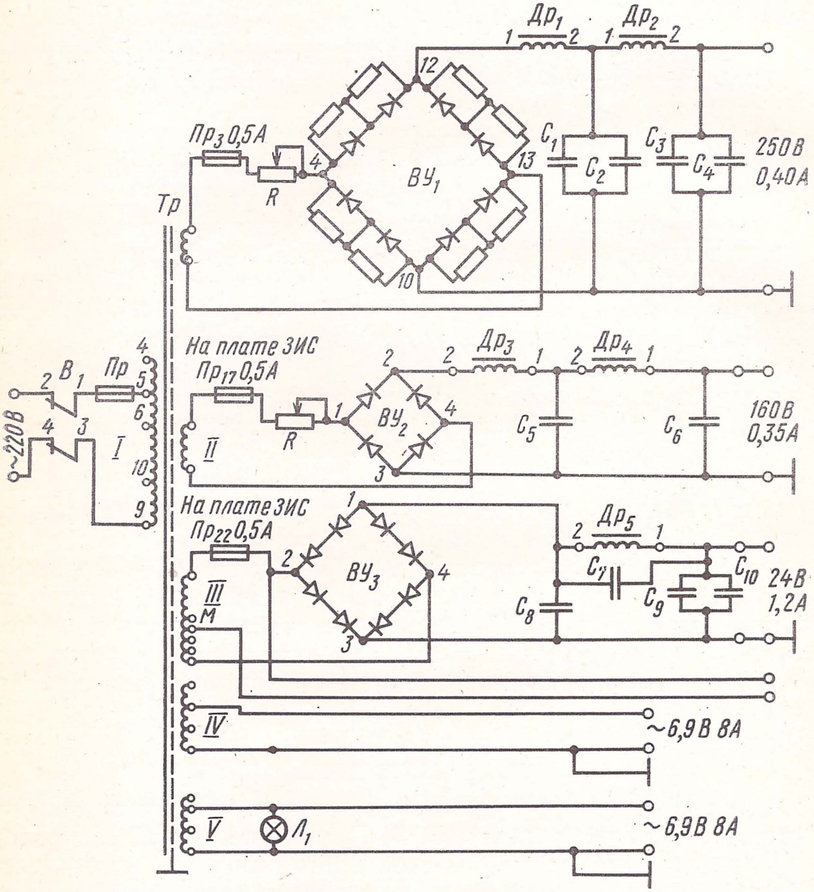
Если в процессе работы выйдет из строя основной генератор, то отпустит реле *РГ-3,8* и своим контактом *Я-П* создаст цепь питания реле $Р_д$. Последнее, сработав, контактом *52—53* подключит нагрузку к резервному генератору, а контактом *12—13* включит лампу $Л_2$. Реле аварийной сигнализации $Р_в$ при этом не успевает сработать, так как реле *РГ-3,8* перебросит свой якорь к левому контакту сразу же, как только начнет поступать ток с резервного блока (накальное напряжение с блоков не снимается на время их отключения от нагрузки).

5.6. ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ АППАРАТУРЫ

Стойки оконечного оборудования получают питание от сети переменного тока напряжением 220 В. Питающие устройства содержат преобразующие трансформаторы, выпрямители, сглаживающие фильтры. На СИГ-1М устанавливаются: плата питания генераторного оборудования *ПИТГО*, блок питания групповых (а также вспомогательных) усилителей (блок *ПИТГУ*) и блок питания индивидуального оборудования *ПИТИО*. Каждой стойке СИГ-1М придаются также феррорезонансный стабилизатор напряжения и плата передачи дистанционного питания *ПДП*.

Стойки промежуточных усилителей получают питание либо от местного источника (СПУ-2М), либо дистанционно (СПУ-2Д). В первом случае на стойке устанавливается плата местного питания МП, а во втором — плата дистанционного питания ДП.

Плата *ПИТГО* (рис. 5.7) рассчитана на питание всех блоков генераторного оборудования. На первичную обмотку трансформатора подается со стабилизатора 220 В переменного напряжения. Вторичных обмоток пять. С первой снимается 250 В, выпрямляется выпрямительным устройством *ВУ*$_1$ на кремниевых диодах, пульсации сглаживаются двузвенным фильтром *Др*$_1$, *Др*$_2$, *С*$_1$—*С*$_4$. Это напряжение используется в блоках *ГГ, УГН* и *Г-38*.



Др1
1
2
Др2
1
2
12
13
4
10
Пр3 0,5А
R
ВУ1
Тр
C1
C2
C3
C4
250В
0,40А
~220В
2
В1
1
4
3
Пр
I
4
5
6
10
9
На плате ЗИС
Пр17 0,5А
II
R
1
ВУ2
2
4
3
2
Др3
1
2
Др4
1
C5
C6
160В
0,35А
На плате ЗИС
Пр22 0,5А
III
М
1
2
ВУ3
4
3
2
Др5
1
C7
C8
C9
C10
24В
1,2А
IV
~6,9В 8А
V
Л1
~6,9В 8А

Рис. 5.7. Плата ПИТГО

Со второй обмотки снимается 160 В, выпрямляется посредством *ВУ*$_2$ на кремниевых диодах, пульсации сглаживаются фильтром *Др*$_3$, *Др*$_4$, *С*$_5$, *С*$_6$. Это напряжение используется во всех блоках генераторного оборудования.

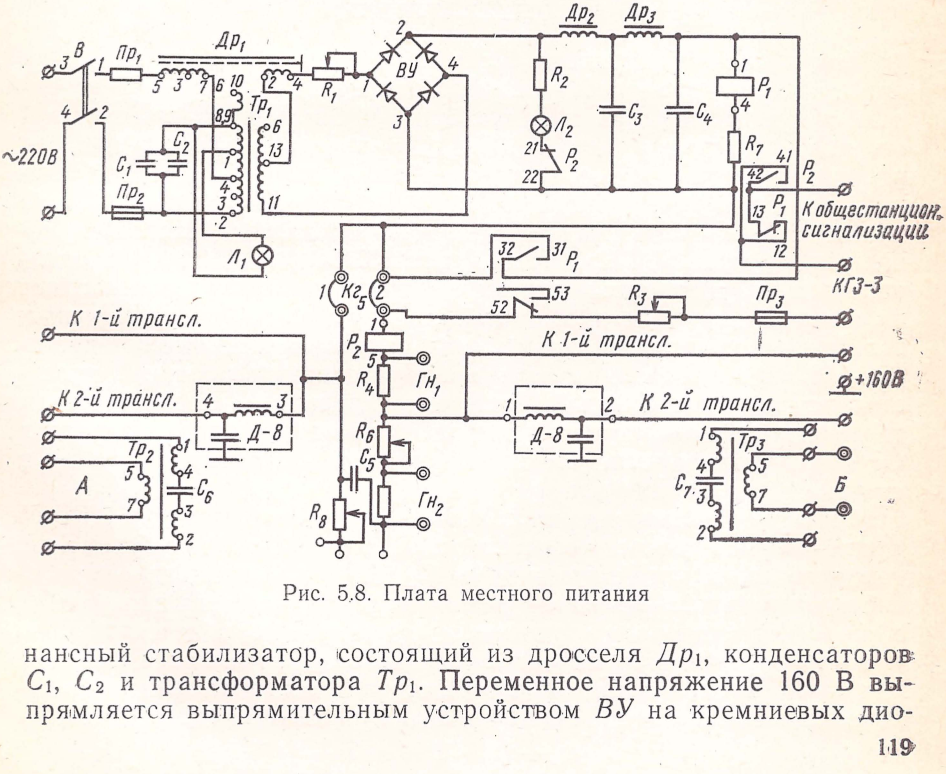
С третьей обмотки снимается 24 В переменного напряжения, которое выпрямляется селеновым столбиком *ВУ*$_3$ и сглаживается фильтром *Др*$_5$, *С*$_7$—*С*$_{10}$. Напряжение используется для цепей сигнализации одной СИГ-1М и трех СИГ-30М. С вывода на обмотке (точка *М*) снимается 24 В переменного напряжения, которое поступает в блок *ЗГ*.

Четвертая и пятая обмотки обеспечивают переменным напряжением 6,3 В цепи накала всех ламп основных и резервных блоков генераторного оборудования. С обмоток снимается 6,9 В с учетом падения напряжения в токоведущих проводах (ток нагрузки 8 А). Параллельно одной обмотке включена контрольная лампа $Л_1$.

С каждого выхода платы напряжение подается через разрывные предохранители на соответствующие цепи и параллельно на контрольный вольтметр. Предохранители и вольтметр расположены на плате *ЗИС*.

Блок *ПИТГУ* вырабатывает 160 В постоянного и 6,3 В переменного напряжения, которое используется для групповых и вспомогательных усилителей. Блок *ПИТИО* вырабатывает 15 В постоянного напряжения, которое используется в блоках *ПП*. Эти блоки содержат преобразующие трансформаторы, выпрямительные устройства и сглаживающие фильтры, как и плата *ПИТГО*. Параллельно выходу каждого блока включено реле, контактами которого создаются цепи аварийной сигнализации при пропадании выходного напряжения.

Плата местного питания *МП* устанавливается на стойках промежуточного усиления СПУ-2М и обеспечивает питанием две трансляции. На плате рис. 5.8 имеется собственный феррорезонансный стабилизатор, состоящий из дросселя $Др_1$, конденсаторов C_1, C_2 и трансформатора $Тр_1$. Переменное напряжение 160 В выпрямляется выпрямительным устройством *ВУ* на кремниевых дио-



Др1
Др2
Др3
В
Пр1
Пр2
Пр3
~220В
С1
С2
Тр1
Л1
R1
ВУ
R2
Л2
Р2
С3
С4
Р1
R7
К общестанцион. сигнализации
КГЗ-3
Кг5
R3
К 1-й трансл.
К 2-й трансл.
Д-8
+160В
Р2
R4
Гн1
R6
С5
Гн2
R8
Тр2
С6
А
Тр3
С7
Б

Рис. 5.8. Плата местного питания

дах, пульсации сглаживаются двузвенным фильтром. Реле P_1 при нормальной работе блока находится под током и своим контактом *31—32* замыкает цепи питания обеих трансляций; при этом на одну подается 160 В непосредственно, а на другую — через два полузвена развязывающего фильтра нижних частот с граничной частотой 8 кГц.

Нити накала всех ламп (всего 18) соединены последовательно и питаются постоянным током, величина которого устанавливается резистором R_6. При наличии напряжения сети и исправности предохранителей на плате горит лампа $Л_1$. Реле P_1, включенное последовательно с нагрузкой, отпускает при обрыве цепи последней и обесточивает реле P_2, контактами которого включаются лампа $Л_2$ и аварийная сигнализация на стойке.

На плате предусмотрено автоматическое переключение на резервное питание от источника постоянного тока при пропадании напряжения сети. При появлении выпрямленного тока контактами реле P_1 происходит автоматическое переключение на питание от сети.

Кроме устройств питания на плате имеются два трансформатора фантомной цепи для служебной связи.

Глава 6. СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ КАМА

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Как и система передачи КРР-М, система передачи КАМА предназначена для организации соединительных линий на городских и пригородных телефонных сетях и использует принцип *частотного разделения каналов.* Система передачи рассчитана для работы по парам симметричного кабеля с кордельно-стирофлексной изоляцией жил (типов МКС 7×4×1,2 и МКС 4×4×1,2), а также по парам одночетверочных кабелей с полиэтиленовой изоляцией жил (типа ВТСП 1×4×1,2 или КСПВ 1×4×0,9) по однокабельной двухполосной системе в спектре до 548 кГц и позволяет по каждой паре указанного кабеля образовать 30 двусторонних телефонных каналов. Максимальная дальность связи может достигать 80 км при шести усилительных участках со средней протяженностью 16 км каждый. В системе передачи КАМА применены те же принципы построения и принят тот же порядок передачи СУВ при установлении соединения между абонентами, что и в системе передачи КРР-М.

Отличие системы передачи КАМА от системы передачи КРР-М состоит в следующем. В системе передачи КАМА все групповое, генераторное и промежуточное оборудование выполнено на транзисторах, введены автоматическая регулировка усиления (АРУ) и устройства контроля группового тракта (КГТ), обеспечивающие при его повреждении определение поврежденного направления и включение сигнализации. В соответствии с требованиями стандарта в системе передачи КАМА изменена частота выделенного сигнального канала с 3800 на 3825 Гц, предусмотрена возможность синхронизации генераторного оборудования сигналом частоты 8 кГц, передаваемым по групповому тракту любой 30-канальной системы, а также от общестанционного задающего генератора или от сети синхронизации. Кроме того, в системе передачи КАМА введено устройство для организации служебной связи по фантомной цепи либо по ВЧ каналу и изменена конструкция оборудования оконечных и промежуточных станций. Поскольку полосы групповых сигналов и уровни их передачи в системах передачи КАМА и КРР-М одинаковы, то оказывается возможной совместная работа обеих систем на разных парах одного кабеля. Однако введение АРУ и КГТ, а также изменение частоты сигнального канала затрудняют совместную работу оконечных станций систем КРР-М и КАМА на одной цепи. Такое включение (без АРУ и КГТ) допускается лишь в порядке исключения, причем для снижения искажений передаваемых импульсов набора номера в этом случае рекомендуется по сигнальному каналу аппаратуры КАМА передавать частоту 3800 Гц (от генератора аппаратуры КРР-М), а по сигнальному каналу аппаратуры КРР-М — частоту 3825 Гц (от генератора аппаратуры КАМА).

6.2. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В состав оконечного оборудования системы передачи КАМА входит только один тип стойки индивидуального и группового оборудования СИГ. На этой стойке размещаются: три блока статических реле *СР*, блок линейного трансформатора *ЛТр*, блок направляющих фильтров *ДК-280*, блок передачи станции *А* (на станции *Б* — блок передачи станции *Б*), блок приема станции *А* (на станции *Б* — блок приема станции *Б*), блок фильтра *Д-552*, блок передачи синхронизирующего сигнала *РП-8*, блок питания *ПИТ*, блок *АРУ* и *КГТ* станции *А* (на станции *Б* — блок *АРУ* и *КГТ* станции *Б*) и 30 блоков приемопередатчика *ПП*.

Генераторное оборудование аппаратуры КАМА вынесено в отдельную стойку — стойку генераторного оборудования СГО, обеспечивающую токами несущих, контрольных и сигнальной частот до четырех стоек СИГ (120 каналов). В состав стойки СГО входят: блок фантомного трансформатора *ФТр* (блок несъемный), два блока питания *ПИТ*, два блока задающих генераторов *ЗГ* (на станции *Б* — один блок), блок развязывающих устройств *РУ*, два блока генератора гармоник *ГГ*, 16 блоков генераторов индивидуальной несущей частоты *ГИН*, два блока генераторов частоты 296 кГц Г-296, два блока генераторов контрольной частоты 304 кГц *ГКЧ*, два блока усилителей групповой несущей частоты 560 кГц *УГН*, два блока генераторов тонального вызова *ГТВ* (частота 3825 Гц), блок контрольных устройств *КУ* и два блока переговорно-вызывного устройства *ПВУ*$_1$ и *ПВУ*$_2$.

К оборудованию, устанавливаемому на оконечных станциях, относится также стойка передачи дистанционного питания СДП, рассчитанная на четыре цепи дистанционного питания восьми 30-канальных систем (по фантомной цепи) и общерядовая стойка ОРС, на которой размещаются: устройство рядовой сигнализации, счетчики учета простоев системы, вспомогательное оборудование и приспособления.

Каркасы всех типов стоек одинаковы и представляют собой вертикальную сварную раму размером 2600×250×30 мм. Блоки размещаются вдоль рамы по вертикали с двух сторон по одному ряду с каждой стороны. Все блоки выполнены двух типоразмеров: 98×88×245 и 198×88×245 мм — по одному конструктивному принципу. Монтаж блоков в основном печатный. Габариты стойки со вставленными блоками (2600×240×250 мм) позволяют вместо оборудования 480 каналов аппаратуры КРР-М в одном ряду разместить оборудование 600 каналов аппаратуры КАМА.

Промежуточное оборудование аппаратуры КАМА размещается на стойке промежуточного усиления СПУ. Эта стойка выполнена в виде каркаса с приспособлениями для крепления четырех комплектов промежуточных трансляций. Каждый из комплектов обеспечивает усиление и коррекцию сигналов верхней и нижней групповых полос передачи и включает: два блока линейного трансформатора, два блока фильтров *ДК-280*, блок усиления нижней группы, блок усиления верхней группы, блок питания и блок *АРУ*, устанавливаемый на среднем усилительном пункте в направлении передачи *Б—А* при длине связи более 50 км.

Для согласования аппаратуры КАМА с АТС декадно-шаговой или координатной системы используются те же комплекты *РСЛУ*, что и для согласования аппаратуры КРР-М.

6.3. ПОСТРОЕНИЕ ГРУППОВЫХ ТРАКТОВ ОКОНЕЧНЫХ СТАНЦИЙ

Тракт передачи станции *А*. Структурная схема группового тракта станции *А* аппаратуры КАМА показана на рис. 6.1.

Индивидуальное оборудование каждой станции состоит из 30 приемопередатчиков *ПП*. На преобразователи *ПП* со стойки СГО подаются несущие частоты, кратные 8 кГц. Частота несущей каждого канала, как и в аппаратуре КРР-М, определяется по формуле $f_н=304+8n$ кГц, где n — номер канала. В результате преобразования на выходе каждого канала образуются верхние боковые полосы модуляции, нижние подавляются не менее чем на 25 дБ, а несущая — не менее чем на 15 дБ. Выходы передатчиков всех 30 каналов соединены параллельно, в результате чего на входе группового тракта образуется групповой сигнал со спектром 312—548 кГц.

Групповой сигнал поступает в блок *Д-552*, содержащий фильтр нижних частот *Д-552*, суммирующий трансформатор $Тр_1$, элементы C_1, R_1, R_2 питания 30 оконечных каскадов передатчиков и два удлинителя — $Удл_1$ и $Удл_2$ — для ввода в групповой тракт контрольной 304 кГц и вспомогательной 312 кГц частот. Фильтр *Д-552* ограничивает диапазон частот группового сигнала сверху (часто-

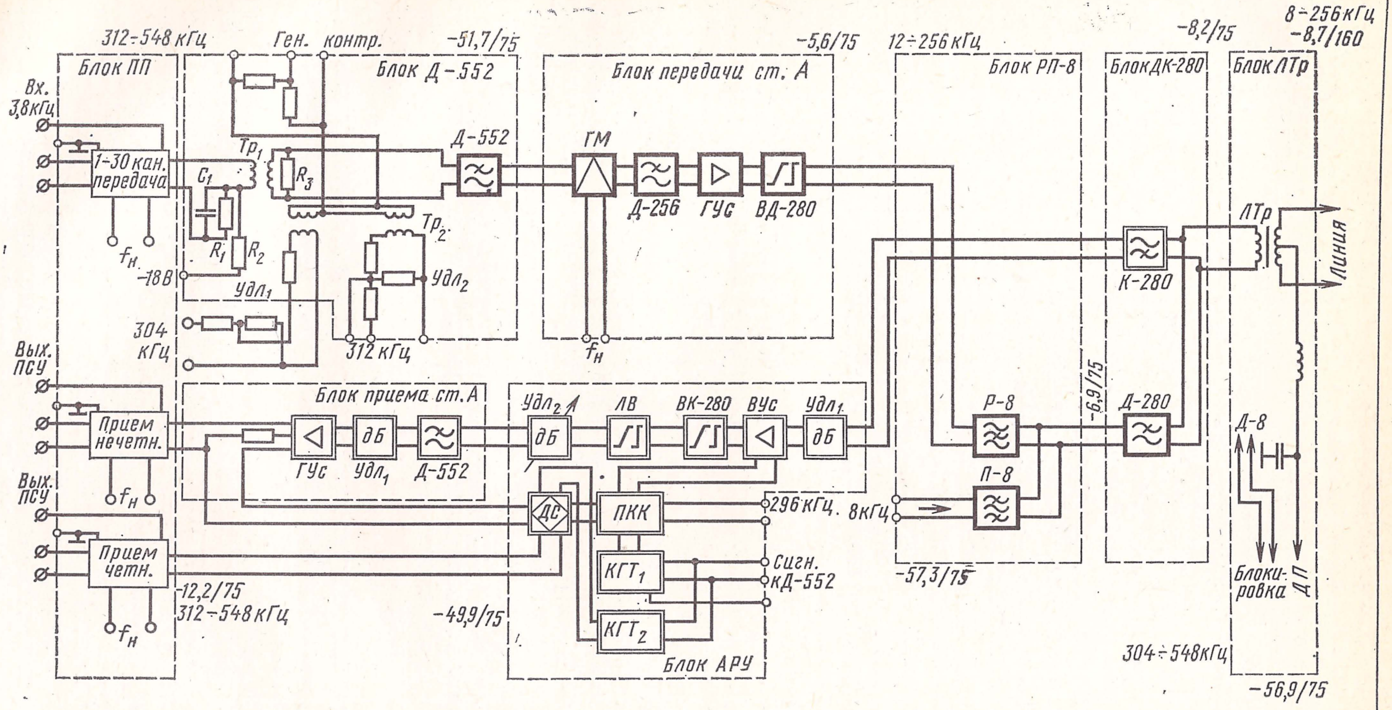

312÷548 кГц
Ген. контр.
−51,7/75
−5,6/75
12÷256 кГц
−8,2/75
8÷256 кГц
−8,7/160
Блок ПП
Блок Д-552
Блок передачи ст. А
Блок РП-8
Блок ДК-280
Блок ЛТр
Вх.
3,8 кГц
1-30 кан. передача
$Тр_1$
C_1
R_3
R_1
R_2
$Тр_2$
Д-552
ГМ
Д-256
ГУс
ВД-280
ЛТр
Линия
К-280
$f_н$
−18 В
$Удл_1$
$Удл_2$
304 кГц
312 кГц
Вых. ПСУ
Блок приема ст. А
Прием нечетн.
ГУс
дБ
$Удл_1$
Д-552
$Удл_2$
ЛВ
ВК-280
ВУс
$Удл_1$
Р-8
П-8
−6,9/75
Д-280
Д-8
ДС
ПКК
$КГТ_1$
$КГТ_2$
296 кГц
8 кГц
Сигн.
КД-552
Прием четн.
−12,2/75
312÷548 кГц
−49,9/75
Блок АРУ
−57,3/75
304÷548 кГц
Блокировка
ДП
−56,9/75

Рис. 6.1. Структурная схема оконечной станции СИГ-А

той 552 кГц), подавляя побочные продукты преобразования модуляторов передатчиков каналов. Суммирующий трансформатор служит для объединения выходов 30 передатчиков. Выходное сопротивление передатчиков, равное 75 Ом, обеспечивается резистором R_3, включенным во вторичную обмотку Tp_1.

Для проверки группового тракта станции без нарушения связи, т. е. без выключения блоков, служат измерительные гнезда *Ген.* и *Контр.* К гнездам *Ген.* может подключаться измерительный генератор, а к гнездам *Контр.* — избирательный указатель уровня (высокоомным входом) для измерения выходных уровней передатчиков и уровней контрольных и вспомогательных частот.

Для автоматической регулировки усиления группового тракта на вход фильтра *Д-552* через $Удл_1$ подается ток контрольной частоты 304 кГц. Чтобы не загружать тракта, этот ток подводится к его входу с уровнем на 8,7 дБ ниже измерительного. Для отыскания поврежденного направления группового тракта используется вспомогательная частота 312 кГц. Она подводится к удлинителю $Удл_2$ и при исправном групповом тракте в линию не передается. Таким образом, с учетом контрольных частот групповое оборудование в направлении *А—Б* должно обеспечить передачу сигналов со спектром 304—548 кГц.

С выхода фильтра *Д-552* групповой сигнал поступает в блок передачи станции *А*, содержащий последовательно включенные групповой модулятор *ГМ*, фильтр *Д-256*, групповой усилитель передачи *ГУс* и выравниватель фильтра *Д-280 (ВД-280)*. В результате группового преобразования на частоте 560 кГц групповой сигнал 304—548 кГц переносится в спектр 12—256 кГц. Для подавления нежелательной боковой полосы частот (верхней) после *ГМ* включен фильтр *Д-256*. Преобразованный сигнал усиливается групповым усилителем до уровня —5,6 дБ на нагрузке 75 Ом. Через выравниватель *ВД-280* сигнал с выхода группового усилителя поступает на заграждающий (режекторный) фильтр *Р-8*, имеющий максимальное затухание на частоте 8 кГц. Фильтр *Р-8* работает в паре с фильтром *П-8* (полосовой фильтр), предназначенным для передачи в линию синхронизирующей частоты 8 кГц на противоположную оконечную станцию.

Далее сигнал поступает в блок фильтров *ДК-280*. Вилка фильтров *ДК-280* обеспечивает необходимую защищенность между трактами передачи и приема оконечной станции (не менее 65 дБ). Для компенсации искажений, вносимых фильтром *Д-280* на границе частотного спектра, в блоке передачи станции *А* включен выравниватель *ВД-280*. Благодаря этому выравнивателю частотная характеристика тракта передачи прямолинейна во всем спектре передаваемых частот.

С выхода фильтра *Д-280* сигнал поступает в блок линейного трансформатора. Линейный трансформатор *ЛТр* служит для образования уравновешенной (симметричной) схемы линейного входа аппаратуры и рассчитан на включение между нагрузками 75 Ом (со стороны станции) и 160 Ом (со стороны линии). Линейная обмотка трансформатора имеет вывод средней точки для организации служебной связи по фантомным цепям и для дистанционного питания усилителей промежуточных станций. Для уменьшения влияния между системами через цепь дистанционного питания к средней точке линейного трансформатора подключен фильтр *Д-8*. Через *ЛТр* групповой сигнал 12—256 кГц поступает в линию с уровнем — 8,7 дБ на нагрузке 160 Ом.

Тракт приема станции *А*. Тракт приема станции *А* должен обеспечить прием и коррекцию группового сигнала со спектром 304—548 кГц. При номинальной длине усилительного участка уровень приема на выходе линейного трансформатора составляет —57 дБ на нагрузке 75 Ом. Уровень сигнала на выходе группового тракта в точке подключения приемников каналов принят равным —12,2 дБ на нагрузке 75 Ом.

Через линейный трансформатор *ЛТр* и фильтр *К-280* групповой сигнал 304—548 кГц поступает в блок *АРУ*. Здесь сигнал проходит удлинитель $Удл_1$, необходимый для компенсации излишнего усиления в тракте приема, вспомогательный усилитель *ВУс*, выравниватель фильтра *К-280* (*ВК-280*), набор линейных выравнивателей *ЛВ* и переменный удлинитель $Удл_2$. Вспомогательный усилитель служит для предварительного усиления группового сигнала. Среднее усиление *ВУс* равно 19 дБ, а с помощью устройств АРУ может регулироваться в пределах ±5,2 дБ. Выравниватель *ВК-280* корректирует частотную характеристику двух фильтров *К-280*, один из которых включен в тракте передачи станции *Б*.

Линейный выравниватель *ЛВ* компенсирует амплитудно-частотные искажения, вносимые предшествующим участком кабеля. Точность коррекции составляет ±0,9 дБ и достигается с помощью двух несъемных выравнивателей, перепайки в схеме которых позволяют осуществить коррекцию ступенями через 1,7 дБ. Удлинитель $Удл_2$ позволяет производить плоскую регулировку усиления тракта.

С выхода $Удл_2$ сигнал поступает в блок приема станции *А*. Здесь он проходит через фильтр *Д-552*, удлинитель $Удл_1$ и групповой усилитель приема *ГУс*. Фильтр *Д-552* подавляет частоты, лежащие за пределами рабочего спектра. Удлинитель $Удл_1$ с затуханием 13 дБ обеспечивает согласованное включение фильтра с *ГУс* приема и нужные значения уровней сигналов на его входе. Групповой усилитель приема *ГУс* усиливает групповой сигнал до уровня —12,2 дБ. Для повышения переходного затухания между группами четных и нечетных каналов *ГУс* имеет два выхода: четных и нечетных каналов, разделенных дифференциальным трансформатором. К одному выходу этого трансформатора подключены входы приемников нечетных каналов, к другому через дифференциальную систему блока *АРУ* — входы приемников четных каналов.

Автоматическая регулировка усиления АРУ осуществляется приемником контрольного канала *ПКК*, подключенным параллельно к выходу группового усилителя приема. При изменении

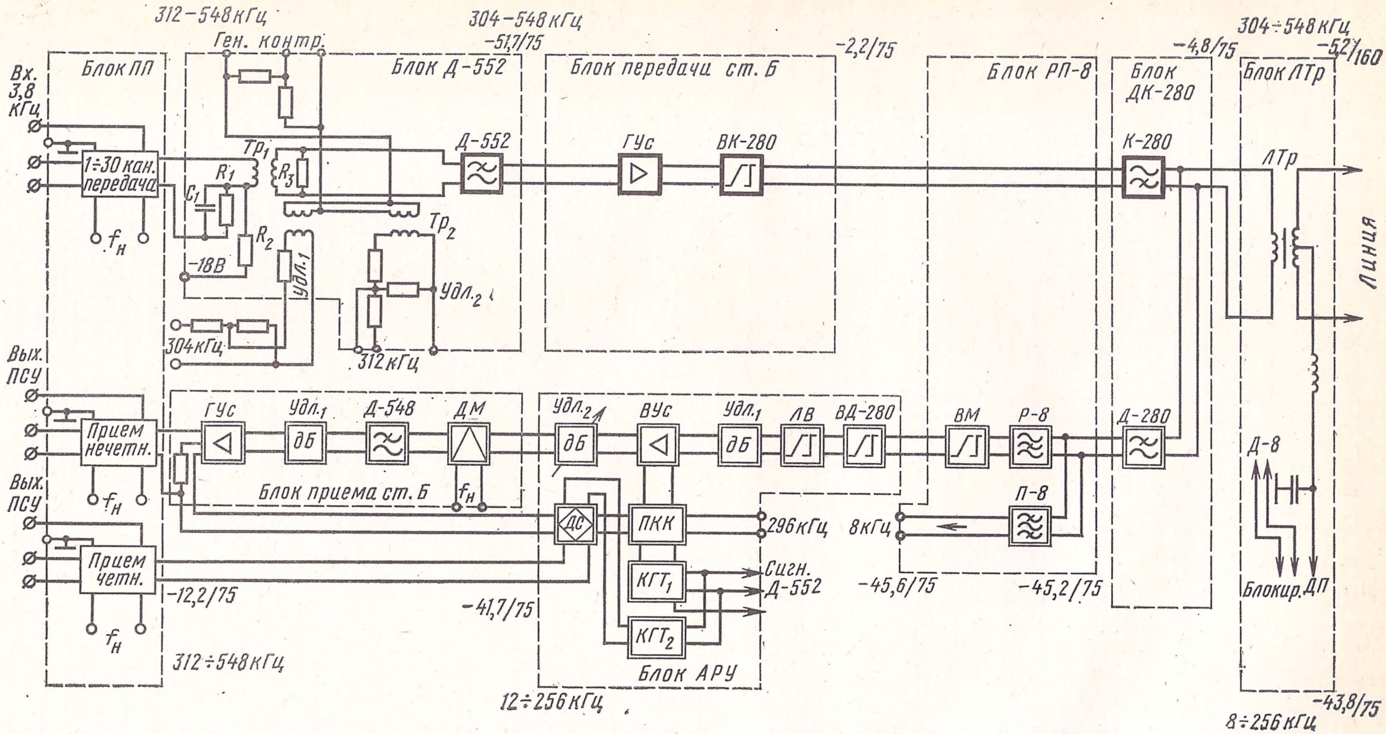

312–548 кГц
304–548 кГц
–51,7/75
Ген. контр.
Блок ПП
Блок Д-552
Блок передачи ст. Б
–2,2/75
Блок РП-8
–4,8/75
Блок ДК-280
304÷548 кГц
–52/160
Блок ЛТр
Вх. 3,8 КГц
1÷30 кан. передача
Тр₁
R₁
R₃
C₁
R₂
Д-552
ГУс
ВК-280
К-280
ЛТр
Тр₂
–18В
Удл.₁
Удл.₂
304 кГц
312 кГц
Линия
$f_н$
Вых. ПСУ
Прием нечетн.
ГУс
Удл.₁
Д-548
ДМ
дБ
Удл.₂
ВУс
Удл.₁
ЛВ
ВД-280
ВМ
Р-8
Д-280
Д-8
Блок приема ст. Б
П-8
ДС
ПКК
296 кГц
8 кГц
Вых. ПСУ
Прием четн.
КГТ₁
КГТ₂
Сигн. Д-552
–12,2/75
–41,7/75
–45,6/75
–45,2/75
Блокир.
ДП
312÷548 кГц
Блок АРУ
12÷256 кГц
–43,8/75
8÷256 кГц

Рис. 6.2. Структурная схема оконечной станции СИГ-Б

уровня контрольной частоты 304 кГц на выходе *ГУс* приемник выдает соответствующий сигнал на *регулирующий элемент*, расположенный в цепи обратной связи вспомогательного усилителя. В результате усиление *ВУс* изменяется до восстановления нормального уровня приема на выходе группового усилителя.

Для контроля группового тракта, отыскания поврежденного направления, сигнализации и блокировки каналов служат приемники контроля группового тракта *КГТ*$_1$ и *КГТ*$_2$.

Тракт передачи станции *Б*. Структурная схема группового тракта станции *Б* показана на рис. 6.2.

Тракт передачи служит для усиления и передачи в линию группового сигнала со спектром 304—548 кГц. В направлении передачи *Б—А* групповой сигнал преобразованию не подвергается, поэтому блок передачи станции *Б* содержит лишь групповой усилитель *ГУс* и выравниватель фильтра *К-280* (*ВК-280*). Блок фильтра *Д-552*, блок *РП-8*, блок *ДК-280* и блок линейного трансформатора *ЛТр* выполняют те же функции, что и на станции *А*. Измерительные уровни группового сигнала в различных точках тракта указаны на схеме.

Тракт приема станции *Б*. Тракт приема служит для приема группового сигнала со спектром 12—256 кГц, преобразования его в спектр 304—548 кГц и усиления до уровня —12,2 дБ, необходимого для нормальной работы приемников каналов.

Через линейный трансформатор и фильтр *Д-280* групповой сигнал поступает в блок фильтров *РП-8*. Режекторный фильтр *Р-8*, имеющий максимум затухания на частоте 8 кГц, не пропускает синхронизирующей частоты в групповой тракт приема. Эта частота выделяется полосовым фильтром *П-8* и используется в генераторном оборудовании станции *Б*. С выхода *Р-8* групповой сигнал 12—256 кГц через магистральный выравниватель *ВМ* поступает в блок *АРУ* станции *Б*. Магистральный выравниватель служит для корректирования остаточных погрешностей линейных выравнивателей, установленных на промежуточных усилительных трансляциях, а также искажений, вносимых станционным оборудованием, включаемым на оконечной станции.

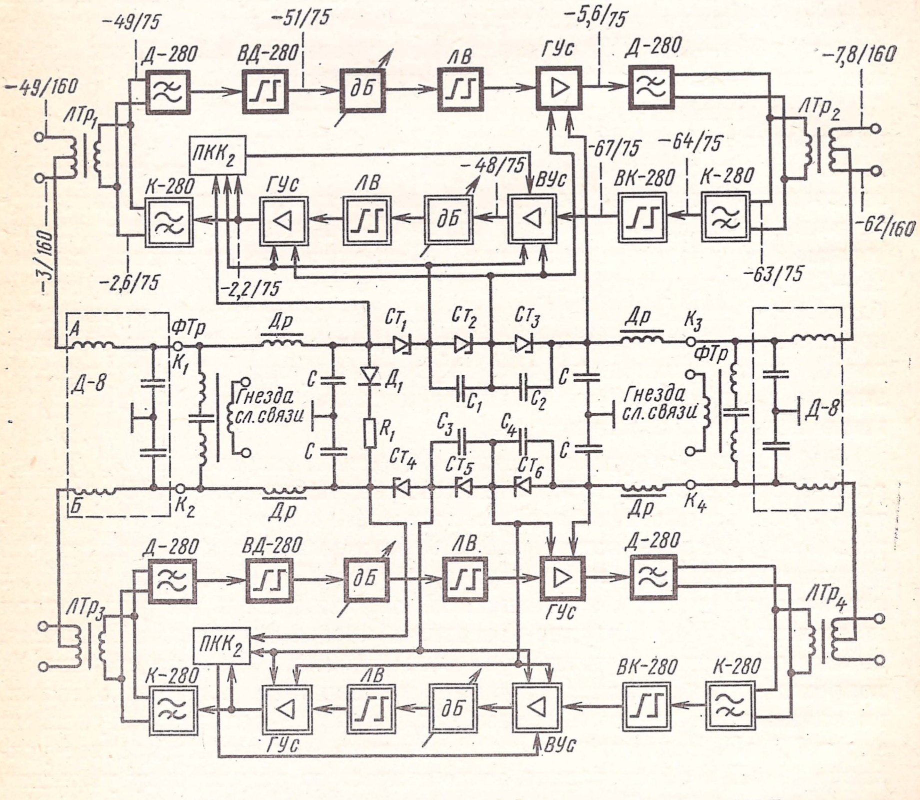
В блоке *АРУ* групповой сигнал проходит выравниватель фильтра *Д-280* (*ВД-280*), набор линейных выравнивателей *ЛВ*, удлинитель *Удл*$_1$, вспомогательный усилитель *ВУс* и переменный удлинитель *Удл*$_2$. Выравниватель *ВД-280* компенсирует неравномерность частотной характеристики двух фильтров *Д-280*, один из которых включен на станции *А*. Линейный выравниватель и удлинители компенсируют амплитудно-частотные и амплитудные искажения, вносимые предшествующим участком кабеля. Как и на станции *А*, коррекция производится двумя переменными выравнивателями, позволяющими путем перепаек изменять ее величину ступенями через 1,7 дБ. Вспомогательный усилитель *ВУс* вносит среднее усиление 19 дБ и обеспечивает автоматическую регулировку усиления в пределах ±5,2 дБ.

На вход группового демодулятора *ДМ* сигнал 12—256 кГц поступает с уровнем —42 дБ. На выходе демодулятора включен фильтр *Д-548*, пропускающий лишь разностные продукты преобразования (частоты 304—548 кГц). Для согласования фильтра с *ГУс* и получения нужной диаграммы уровней между фильтром и *ГУс* включен удлинитель $Удл_1$ с затуханием 13 дБ. Разделение сигналов на выходе *ГУс*, а также работа устройств *АРУ* и *КГТ* происходят аналогично описанному для станции *А*.

6.4. ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ УСИЛИТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

При длине соединительной линии более 13—14 км оконечные станции уже не могут компенсировать затухание участка кабеля. Для увеличения дальности действия аппаратуры применяются промежуточные *усилительные трансляции*. По схеме питания различают усилительные трансляции с *местным* (УТМ) и *дистанционным* (УТД) питанием.

Структурная схема УТД аппаратуры КАМА показана на рис. 6.3.



-49/75
-51/75
-5,6/75
-49/160
-7,8/160
Д-280
ВД-280
дБ
ЛВ
ГУс
ЛТр1
ЛТр2
ПКК2
К-280
ВУс
ВК-280
-67/75
-64/75
-48/75
-62/160
-3/160
-2,6/75
-2,2/75
-63/75
А
Б
Д-8
ФТр
К1
К2
К3
К4
Др
Гнезда сл.связи
С
С1
С2
С3
С4
Ст1
Ст2
Ст3
Ст4
Ст5
Ст6
Д1
R1
ЛТр3
ЛТр4

Рис. 6.3. Структурная схема усилительной трансляции УТД

Она содержит комплект оборудования, необходимый для двусторонней трансляции двух 30-канальных групп. Все оборудование трансляции состоит из блоков, аналогичных соответствующим блокам оконечных станций и имеющих то же назначение. В направлении *А—Б* УТД перекрывает затухание около 40 дБ, в направлении *Б—А* — около 60 дБ.

При длине связи более 50 км на средней трансляции в тракте усиления верхней группы частот устанавливается приемник контрольного канала $ПКК_2$, осуществляющий автоматическую регулировку усиления тракта. Введение АРУ в направлении *Б—А* объясняется недопустимым увеличением уровня шумов в каналах аппаратуры на магистралях большой протяженности из-за сезонного смещения диаграммы уровней. Как и на оконечной станции, *ПКК* управляет усилением вспомогательного усилителя в случае изменения уровня контрольной частоты 304 кГц на выходе *ГУс*. Возможные пределы изменения усиления *ВУс* составляют ±2,6 дБ от среднего усиления 19 дБ.

Второй комплект оборудования трансляции, включенный между $ЛТр_3$ и $ЛТр_4$, работает аналогичным образом, обеспечивая двустороннюю трансляцию второй 30-канальной группы.

Усилители обоих комплектов УТД получают дистанционное питание от источника постоянного тока, установленного на оконечной станции. Напряжение питания усилителя и *ПКК* получают от отдельных стабилитронов $Ст_1$—$Ст_3$ (верхняя трансляция) и $Ст_4$ — $Ст_6$ (нижняя трансляция), включенных в различные провода фантомной цепи. Конденсаторы C_1—C_4 и полузвенья фильтров нижних частот *Др, С* являются элементами развязки цепей питания. Расход тока дистанционного питания для НУП составляет 150 мА, а падение напряжения — от 95 (НУП без АРУ) до 140 В (НУП с АРУ). Напряжение на выходе устройства передачи дистанционного питания при токе 150 мА составляет до 420 В.

Трансляции УТМ получают питание от станционной батареи 60 В, а нужные градации питающих напряжений получают путем включения гасящих регистров последовательно с нагрузкой.

6.5. ПРИНЦИП РАБОТЫ АРУ И КГТ

Для улучшения качественных показателей каналов и облегчения эксплуатации системы передачи КАМА в ней предусмотрены устройства автоматической регулировки усиления АРУ и контроля группового тракта КГТ. В системе передачи принята частотно-зависимая электрическая система АРУ на одной контрольной частоте 304 кГц. Для вспомогательных целей в АРУ и КГТ используются частоты 312 и 296 кГц.

На рис. 6.4 показана структурная схема, поясняющая принцип работы АРУ и КГТ аппаратуры КАМА.

От генератора контрольной частоты *ГКЧ*, установленного на оконечной станции, контрольная частота 304 кГц через удлинитель $Удл_1$, находящийся в блоке фильтра *Д-552*, подается на вход груп-

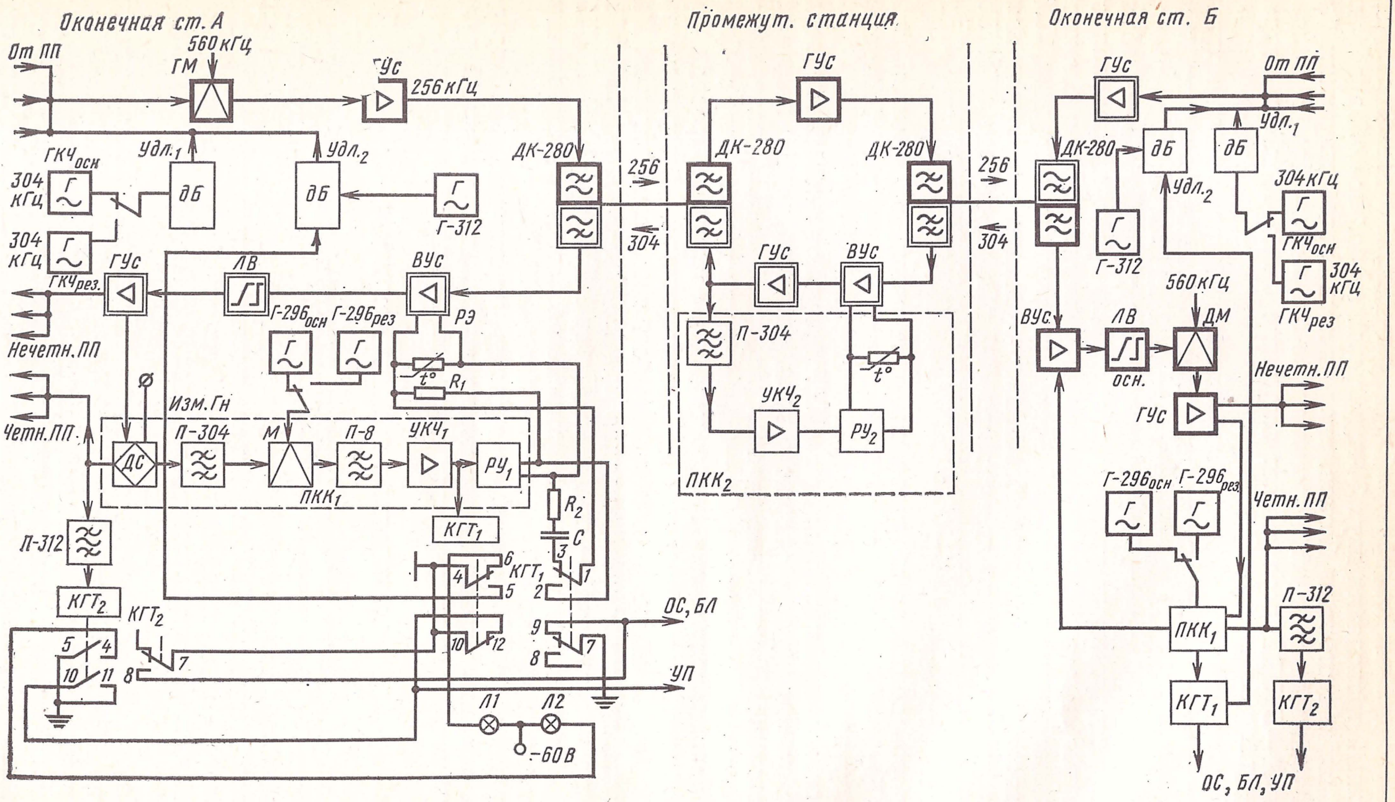

Оконечная ст. А
Промежут. станция
Оконечная ст. Б
От ПП
560 кГц
ГМ
ГУс
256 кГц
Удл.1
Удл.2
ГКЧосн
304 кГц
дБ
Г
Г-312
ДК-280
256
304
ГКЧрез.
ЛВ
ВУс
Г-296осн
Г-296рез
РЭ
R1
t°
Нечетн. ПП
Четн. ПП
Изм. Гн
П-304
М
П-8
УКЧ1
РУ1
ДС
ПКК1
КГТ1
Л-312
R2
C
КГТ2
ОС, БЛ
УП
Л1
Л2
-60 В
УКЧ2
РУ2
ПКК2
ДМ
осн.
П-312
ОС, БЛ, УП
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Рис. 6.4. Структурная схема АРУ и КГТ

пового тракта с уровнем на 8,7 дБ ниже измерительного уровня. На оконечных станциях, а при длине связи более 50 км и в тракте усиления верхней группы частот средней промежуточной трансляции сигнал контрольной частоты выделяется приемником контрольного канала *ПКК*. На оконечных станциях *ПКК* подключается к выходу группового тракта.

Работу *ПКК* рассмотрим на примере станции *А*, для которой структурная схема приемника показана в развернутом виде. На станции *Б* приемник работает аналогично. С выхода четных каналов *ГУс* контрольная частота (*КЧ*) 304 кГц попадает на дифсистему *ДС* приемника контрольного канала *ПКК*$_1$. Через полосовой фильтр *П-304* эта частота поступает на модулятор *М* с несущей частотой 296 кГц. Разностный продукт преобразования дает частоту 8 кГц, которая через полосовой фильтр *П-8* поступает на усилитель контрольной частоты *УКЧ*$_1$. Усиленная контрольная частота подается на регулирующее устройство *РУ*$_1$. Здесь она выпрямляется и сравнивается с опорным (эталонным) напряжением. Результат сравнения усиливается усилителем постоянного тока и поступает на регулирующий элемент *РЭ*, управляющий усилением вспомогательного усилителя.

В качестве регулирующего элемента используется термистор (термосопротивление типа Т8М), сопротивление которого изменяется в зависимости от величины протекающего через него тока. Термистор включен в цепи отрицательной обратной связи *ВУс* и шунтирует по переменному току частотно-зависимый двухполюсник, изменяя усиление усилителя. Так, если уровень контрольной частоты на выходе *ГУс* уменьшится, то в *РУ*$_1$ разница между опорным напряжением и напряжением контрольного сигнала приведет к тому, что ток через термистор увеличится и его сопротивление упадет. Шунтирующее действие термистора станет сильнее, глубина отрицательной обратной связи уменьшится, а усиление *ВУс* возрастет. Вновь установится нормальный уровень *КЧ* на выходе *ГУс*. При повышении уровня *КЧ* на выходе *ГУс* разница напряжений контрольного и опорного сигналов приведет к уменьшению тока через термистор и увеличению его сопротивления. Глубина отрицательной обратной связи *ВУс* возрастет и его усиление уменьшится.

При изменении уровня *КЧ* на входе *ВУс* на ±5,2 дБ АРУ поддерживает уровень *КЧ* на выходе *ГУс* с точностью ±0,4 дБ, оставляя неизменным уровень приема 30 каналов.

Система АРУ выполнена не плоской, а частотно-зависимой, поскольку затухание линии зависит от частоты (номера) канала. Для этого в цепи обратной связи *ВУс* включены частотно-зависимые двухполюсники, и сигналы частот, имеющих большее затухание, усиливаются больше, а имеющих меньшее затухание, усиливаются меньше.

Устройства АРУ на промежуточной трансляции работают аналогичным. образом. С выхода *ГУс* верхней группы частот *КЧ* выделяется полосовым фильтром *П-304* приемника контрольного канала *ПКК*$_2$ и усиленная поступает на вход регулирующего устройства *РУ*$_2$. Здесь переменное напряжение выпрямляется и сравнивается с опорным напряжением, а разница, усиленная усилителем постоянного тока, подается на термистор, включенный в цепь отрицательной обратной связи *ВУс*. Точность поддержания номинального уровня *КЧ* на выходе *ГУс* составляет ±0,4 дБ при изменении уровня *КЧ* на входе *ВУс* на ±2,6 дБ. На тех промежуточных станциях, где *АРУ* не устанавливается, в цепь отрицательной обратной связи *ВУс* вместо термистора включается резистор 600 Ом, тогда усиление усилителя равно средней величине 19 дБ.

Контрольная частота 304 кГц используется также для контроля группового тракта. Контроль осуществляется приемником *КГТ*$_1$, подключенным к выходу *УКЧ*$_1$ приемника *ПКК*$_1$. При наличии частоты 304 кГц на выходе *УКЧ*$_1$ работает *КГТ*$_1$ и контактами *1—2* своего реле подключает термистор регулирующего элемента *РЭ* в цепь обратной связи *ВУс*. Контактами *4—5* шунтируется удлинитель *Удл*$_2$, через который вспомогательная частота 312 кГц подается в групповой тракт, а контактами *7—9*, *4—6* и *10—12* разрываются цепи сигнализации, блокировки *РСЛУ* и счетчиков учета простоев системы.

При пропадании или занижении более чем на 6,1 дБ уровня *КЧ* на входе *КГТ*$_1$ реле приемника отпускает, переключая свои контакты. В результате последовательно термистору подключается резистор R_1, ограничивающий ток через *РЭ*, а параллельно ему — цепочка R_2, *С*, шунтирующая термистор по переменному току. Величины сопротивлений резисторов подобраны так, что устанавливается среднее усиление *ВУс*, равное 19 дБ на всех частотах диапазона. Контактами отпустившего реле замыкаются цепи местной (загорается лампа *Л*$_1$), рядовой и общестанционной сигнализации (ОС), цепи блокировки комплектов *РСЛУ* (БЛ), счетчиков учета простоев системы (УП) и размыкается цепь, шунтирующая *Удл*$_2$.

Сигнал вспомогательной контрольной частоты 312 кГц поступает в групповой тракт с уровнем на 9—11 дБ выше измерительного. На противоположной оконечной станции этот сигнал с выхода *ГУс* приема попадает на дифсистему *ПКК*$_1$ и далее отфильтровывается полосовым фильтром *П-312*, включенным на входе приемника *КГТ*$_2$. Последний срабатывает и контактами своего реле включает местную (загорается лампа *Л*$_2$), общерядовую и общестанционную сигнализацию, блокирует каналы и включает счетчики учета числа простоев системы противоположной оконечной станции.

После восстановления группового тракта на входе *КГТ*$_1$ появится сигнал *КЧ* и реле приемника вновь сработает, отключив шунты термистора, сигнализацию, блокировку, счетчики и зашунтировав *Удл*$_2$. Частота 312 кГц перестанет поступать в линию и реле приемника *КГТ*$_2$ противоположной оконечной станции отпустит, отключив сигнализацию, блокировку и счетчики. Восстановится рабочее состояние.

Таким образом, $КГТ_1$ и $КГТ_2$ позволяют по загоранию ламп местной сигнализации определить характер повреждения группового тракта. Так, если горит лампа $Л_1$, то поврежден входящий групповой тракт, если $Л_2$ — исходящий тракт, если на обеих оконечных станциях горят лампы $Л_1$, то поврежден групповой тракт в обоих направлениях.

На промежуточной станции контроль исправности группового тракта не производится. Однако в блоке *АРУ* стойки СПУ предусмотрен тумблер, отключающий цепь АРУ. При этом вместо термистора в цепь обратной связи *ВУс* подключается резистор 600 Ом, при котором *ВУс* имеет среднее значение усиления.

6.6. ГРУППОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ

В групповом тракте системы передачи КАМА применяются вспомогательный усилитель для нижней группы частот (*ВУс* 12—256), вспомогательный усилитель для верхней группы частот (*ВУс* 304—548) и групповой усилитель, единый для обеих групп частот (*ГУс* 12—548). Усилитель *ВУс* 12—256 используется только на оконечной станции СИГ-Б, остальные усилители применяются как на оконечных, так и на промежуточных станциях. Усилители системы передачи КАМА выполнены на транзисторах и рассчитаны на включение между нагрузочными сопротивлениями 75 Ом. Для питания усилителей используется источник постоянного тока напряжением 18 В.

На рис. 6.5 показана принципиальная схема вспомогательного усилителя верхней группы частот. Усилитель предназначен для предварительного усиления группового сигнала 304—548 кГц и представляет собой двухкаскадный транзисторный усилитель с непосредственной связью по постоянному току между каскадами. Оба транзистора усилителя включены по схеме с общим эмиттером (ОЭ). Для улучшения соотношения сигнал/шум на входе усилителя его входная цепь выполнена по трансформаторной дифференциальной схеме ($Тр_1$, R_2), обеспечивающей требуемое входное сопротивление 75 Ом без применения шунта. Выходное сопротивление усилителя (75 Ом) определяется сопротивлением шунта R_8 и трансформатором $Тр_2$. Резисторы $R_{\rm I}$, $R_{\rm II}$ установлены для уменьшения паразитных влияний через общую (плюсовую) шину питания на стойке.

Первый каскад усилителя охвачен *местной* (резистор R_3), а весь усилитель — *общей* (цепочка R_5, C_1) отрицательной обратной связью по постоянному и переменному токам. В цепи обратной связи второго каскада усилителя включен корректирующий двухполюсник R_{10}, C_5, C_6, R_{12}, $Тр_3$, обеспечивающий требуемое частотно-зависимое изменение усиления *ВУс* при изменении сопротивления термистора (термистор расположен в блоке *АРУ* и подключается к контактам *4—5* через развязывающие конденсаторы). Трансформатор $Тр_3$ согласует сопротивление термистора с корректирующим двухполюсником.

Режим работы транзисторов определяется резисторами R_2—R_6 и R_9, R_{10}. Конденсаторы C_2 и C_4 — блокирующие. В цепи питания предусмотрен развязывающий фильтр R_7, C_3. Среднее усиление усилителя при сопротивлении термистора 600 Ом равно 19 дБ.

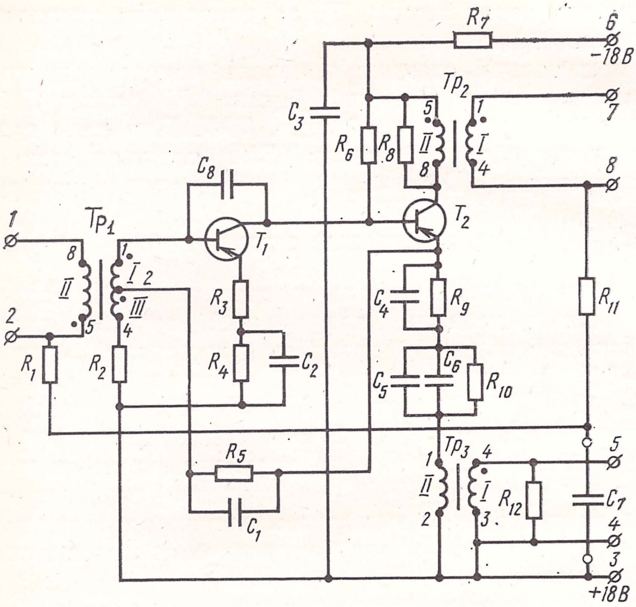


Рис. 6.5. Усилитель вспомогательный 304—548 кГц

Вспомогательный усилитель *ВУс* 12—256 предназначен для предварительного усиления группового сигнала нижней группы частот. Схема этого усилителя аналогична рассмотренной и отличается от последней лишь корректирующим двухполюсником в цепи обратной связи второго каскада, определяющим частотную характеристику усиления усилителя. Среднее усиление усилителя *ВУс* 12—256 равно 19 дБ.

На рис. 6.6 представлена принципиальная схема группового усилителя *ГУс* 12—548. Усилитель предназначен для основного усиления группового сигнала в полосе верхней и нижней групп частот и представляет собой четырехкаскадный транзисторный усилитель с комбинированной обратной связью между каскадами. В первых двух каскадах усилителя применена непосредственная связь по постоянному току между каскадами. Аналогично выполнена связь между третьим и четвертым каскадами. Связь между вторым и третьим каскадами — реостатно-емкостная (конденсатор C_7). Применение комбинированной связи между каскадами позволяет улучшить фазовые характеристики усилителя и исключает возможность его самовозбуждения.

Все каскады усилителя выполнены по схеме с ОЭ и охвачены местной (резисторы R_3, R_6, R_{13}, R_{15}) и общей (контур R_9, C_{11}) отрицательной обратной связью по переменному току, улучшающей частотные характеристики и стабильность усиления усилителя. Последний каскад усилителя охвачен отрицательной обратной связью по напряжению (обмотка *3—4* трансформатора $Тр_2$), снижающей выходное сопротивление усилителя до величины, равной

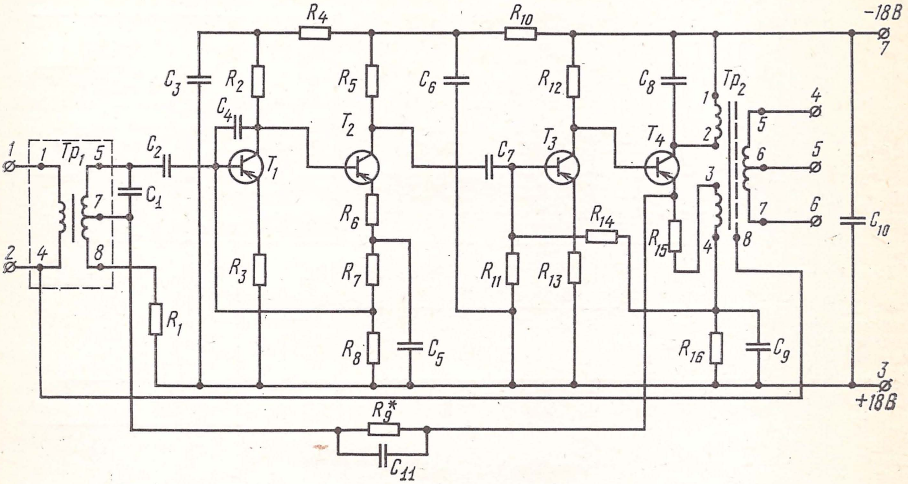


Рис. 6.6. Усилитель групповой 12—248 кГц

75 Ом. Входная цепь *ГУс*, как и у вспомогательного усилителя, выполнена по трансформаторной дифференциальной схеме ($Тр_1$, R_1), позволяющей получить входное сопротивление 75 Ом без применения шунта.

Режим работы транзисторов T_1, T_2 по постоянному току определяется резисторами R_2, R_3, R_5—R_8, транзисторов T_3, T_4 — резисторами R_{11}—R_{16}. Конденсаторы C_5, C_9 — блокирующие, C_2, C_7 — разделительные, C_3, C_6, C_{10} совместно с резисторами R_4, R_{10} образуют фильтры питания, а C_1, C_4, C_8 обеспечивают устойчивость усиления.

Среднее усиление усилителя равно 43 дБ. Усилитель не имеет вынесенного регулятора усиления. Регулировка усиления в пределах ±3 дБ осуществляется изменением номинала резистора R_9.

6.7. ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК

Плата передатчика. Передатчик системы передачи КАМА выполнен по схеме, аналогичной схеме передатчика системы передачи КРР-М. Отличительной особенностью передатчика является то, что фазосдвигающий шестиполюсник нижних частот (ФСШ) выполнен на *RC*-элементах вместо *LC*-элементов, а модулятор заменен диодным вместо транзисторного, но выполнен на двойках диодов, не требующих подбора. Кроме того, на выходе передатчика включен усилительный каскад, позволяющий снизить затухание в тракте передачи и сделать независимой параллельную работу 30 передатчиков, исключив взаимное влияние их друг на друга.

Принципиальная схема передатчика показана на рис. 6.7. Разговорные токи поступают на вход передатчика, обозначенный

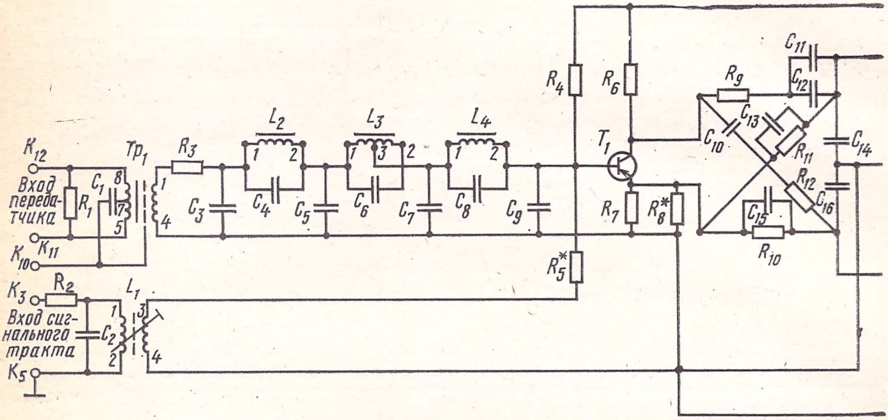


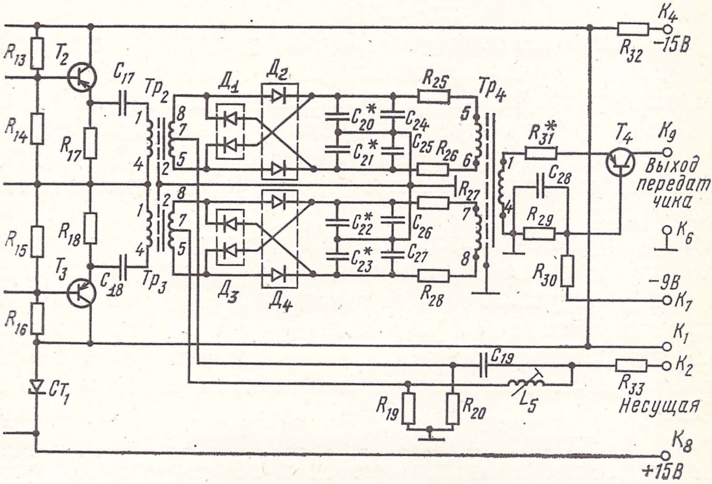
Рис. 6.7. Передатчик системы

клеммами K_{11}, K_{12}, и через *симметрирующий трансформатор* Tp_1 и удлинитель на резисторах R_1, R_3 попадают на вход фильтра нижних частот *Д-3,4* (элементы L_2—L_4, C_3—C_9). *Удлинитель* согласует фильтр с 600-омным входом передатчика и понижает уровень сигнала на входе фазоразностной схемы. Затухание удлинителя равно 14 дБ, при этом коэффициент отражения входного сопротивления передатчика не превышает 10%. *Фильтр Д-3,4* ограничивает полосу разговорных токов частотой 3,4 кГц и имеет характеристическое сопротивление 6 кОм. В полосе задерживания затухание фильтра не опускается ниже 35 дБ, а на частотах 3825, 4200 и 6000 Гц фильтр имеет пики затухания.

Сигнальная частота 3825 кГц из блока статреле поступает на клеммы K_3, K_5 и дополнительно фильтруется полосовым фильтром, составленным из элементов R_2, C_2, L_1. Через резистор R_5 эта частота подводится к тракту передачи с уровнем на 5,0±1 дБ ниже измерительного. Напряжение сигнальной частоты на входе сигнального тракта (клеммы K_3, K_5) составляет 400±50 мВ.

С выхода фильтра *Д-3,4* токи разговорных и сигнальной частот поступают на *фазоразностную схему подавления одной боковой полосы частот* (ФРС). Как известно, ФРС состоит из фазосдвигающего шестиполюсника нижних частот ФСШ, двух модуляторов, контура сдвига фаз несущей частоты и суммирующего устройства. В качестве ФСШ в передатчике используется *фазоин-*

версный каскад на транзисторе T_1, нагруженный на *RC-фазовращатель* (R_9, R_{11}, C_{11}—C_{13} — первое звено и R_{10}, R_{12}, C_{10}, C_{15} — второе звено). Входное сопротивление фазоинверсного каскада равно 6 кОм, режим работы каскада определяется делителем R_4, R_5 и резистором R_3 удлинителя. Резисторы R_6 и R_7, R_8 определяют


K4
-15В
R32
R13
T2
C17
Tp2
Д1
Д2
R25
Tp4
8
7
5
1
4
2
C20*
C24
C21*
C25
R26
5
6
R31*
T4
K9
Выход передатчика
1
4
C28
R29
K6
R14
R17
R27
8
7
5
2
1
4
C22*
C26
C23*
C27
7
8
R15
R18
T3
C18
Tp3
Д3
Д4
R28
R30
-9В
K7
R16
K1
C19
K2
CT1
R19
R20
L5
R33
Несущая
K8
+15В

передачи КАМА

амплитуды сигналов фазоинверсных выходов. Нагрузками ФСШ являются конденсаторы C_{14}, C_{16}, на обкладках которых возникают напряжения, сдвинутые относительно друг друга на 90°. Погрешность разности фаз ФСШ в спектре частот 300—3825 Гц не превышает 2°, что позволяет подавить боковую полосу частот не менее чем на 30 дБ. Амплитуды напряжений в ветвях ФСШ выравниваются резистором R_8 в эмиттерной цепи T_1.

Номинальное сопротивление нагрузки звеньев ФСШ равно 15 кОм. Для согласования столь высокого выходного сопротивления звеньев с малым входным сопротивлением диодных преобразователей в каждую из ветвей ФРС включены *эмиттерные повторители*, выполненные на транзисторах T_2, T_3. Резисторы R_{13}, R_{14}, R_{17} и R_{15}, R_{16}, R_{18} обеспечивают режим работы соответствующих транзисторов по постоянному току. Через разделительные конденсаторы C_{17}, C_{18} токи разговорных и сигнальной частот поступают на модуляторы ветвей ФРС.

В передатчике аппаратуры КАМА применены *кольцевые модуляторы*, выполненные на двойках диодов типа ГД-404АР (диоды $Д_1$—$Д_4$), не требующих подбора. Обмотки выходного трансформатора средних точек не имеют, поэтому напряжение несущей частоты на диоды модуляторов подается в средние точки *емкостных делителей*, образованных конденсаторами C_{24}—C_{25} и C_{26}—C_{27}. Поскольку диоды не подбираются, то степень балансировки преобразователя (степень подавления несущего тока) определяется лишь асимметрией схемы модуляторов (например, неодинаковы полуобмотки трансформаторов Tp_2, Tp_3, конденсаторы C_{24}—C_{27} имеют разброс и т. п.). При необходимости точная балансировка преобразователей достигается установкой дополнительных подгоночных емкостей C_{20}, C_{21} и C_{22}, C_{23} параллельно конденсаторам делителей.

Контур сдвига фаз несущей частоты выполнен на элементах L_5, C_{19}, R_{19}, R_{20} и служит для получения относительной разности фаз в 90° между несущими колебаниями модуляторов ФРС. Катушкой L_5 может быть отрегулирована степень подавления нежелательной боковой полосы частот. Резисторы R_{19}, R_{20} служат для повышения стабильности степени подавления при колебаниях уровня несущей.

В *суммирующем трансформаторе* Tp_4 токи нежелательных боковых частот подавляются, а полезных — суммируются и поступают на выходной *усилительный каскад* передатчика (T_4). Основное назначение оконечного усилителя — обеспечить независимую параллельную работу передатчиков 30 каналов. С этой целью каскад выполнен на транзисторе, включенном по схеме с общей базой (ОБ), т. е. по схеме, имеющей малое входное и высокое выходное сопротивления. Коллекторы транзисторов всех 30 передатчиков объединяются и подключаются к общему суммирующему трансформатору, конструктивно расположенному в блоке *Д-552*.

Для получения 75-омного выхода передатчиков во вторичной обмотке суммирующего трансформатора устанавливается шунт (резистор R_3, см. рис. 6.1). Поскольку выходное сопротивление одного каскада составляет несколько сотен килоом, то нагрузка передатчика определяется лишь сопротивлением шунта, что обеспечивает постоянство выходного уровня независимо от числа одновременно работающих передатчиков. Выходной уровень передачи составляет — 48 дБ на нагрузке 75 Ом. Регулировка выходного уровня в пределах ±1,7 дБ производится резистором R_{31}.

Резисторы R_{25}—R_{28} обеспечивают взаимную развязку ветвей ФРС, уменьшая взаимные влияния их друг на друга. Резисторы R_{29}, R_{30} образуют делитель, обеспечивающий питание цепи базы T_4. Конденсатор C_{28} — блокирующий. Коллекторные цепи выходных каскадов получают питание от делителя напряжения, расположенного в блоке *Д-552*. Фазоинвертор и эмиттерные повторители передатчика получают питание от параметрического стабилизатора напряжения R_{32}, $Ст_1$. Питание на делитель R_{29}, R_{30} подается от параметрического стабилизатора напряжения, расположенного в плате приемника.

Плата приемника. Приемник выполнен по структурной схеме, показанной на рис. 6.8. Отличительной особенностью приемника является отсутствие полосового фильтра на его входе, в результате чего на демодулятор *ДМ* приемника поступают суммарные сигналы сразу 30 каналов. После демодуляции на несущей частоте данного канала разностный продукт преобразования этого канала располагается в полосе частот до 4 кГц и от преобразованных сигналов остальных каналов отделяется фильтром *Д-4,0*. Однако уровень полезного сигнала при таком методе демодуляции весьма мал и для получения нужного усиления в схему приемника после транзисторного демодулятора включен предварительный усилитель *Пр.Ус*.

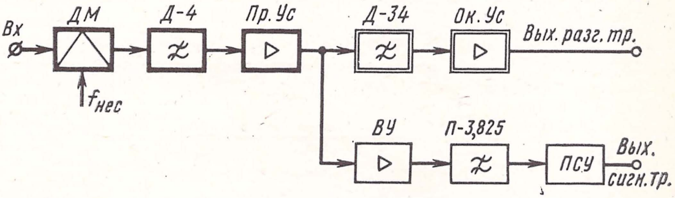


Рис. 6.8. Структурная схема приемника

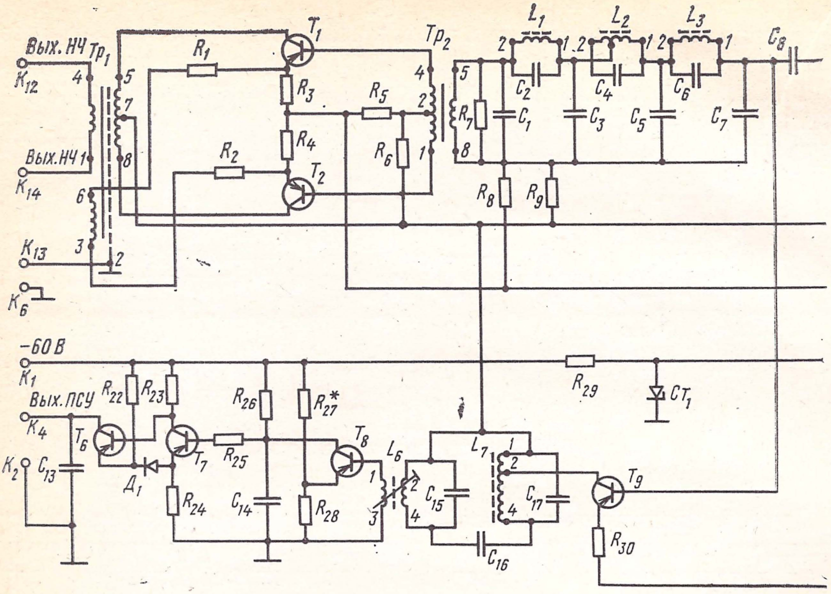
Другой отличительной особенностью приемника является разделение сигналов разговорного и сигнального трактов сразу после их детектирования. Фильтр *Д-3,4* приемника включен перед оконечным каскадом усилителя низкой частоты *Ок.Ус* и не пропускает сигнальной частоты на вход этого усилителя. Этим исключаются внятные переходные влияния по сигнальному каналу, возникающие при перегрузке оконечного усилителя.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 6.9.

Сигналы всех 30 каналов поступают на вход приемника, обозначенный клеммами K_{10}, K_{11}. На входе приемника включен *Г-образный удлинитель* R_{20}, R_{21}, предотвращающий перегрузку демодулятора и понижающий уровень группового сигнала на его входе до —36 дБ. *Демодулятор* приемника выполнен на транзисторах T_4, T_5 и вносит усиление по напряжению не менее 17 дБ. Несущая частота подается в цепь эмиттеров транзисторов с напряжением 1,2 В. Резисторы R_{17}, R_{18} стабилизируют параметры демодулятора при изменении температуры и величин питающих напряжений.

Нагрузкой демодулятора является *фильтр Д-4,0* (L_5, C_{10}—C_{12}), пропускающий лишь полосу частот своего канала. Резисторы R_{16}, R_{15} стабилизируют входное и выходное сопротивления фильтра, равные 11 кОм. Затухание фильтра на частоте 3400 Гц не превышает 0,9 дБ, а на частоте 8 кГц оно составляет более 18 дБ.

Предварительный усилитель низкой частоты *Пр.Ус* выполнен на транзисторе T_3 и нагружен на *фильтр Д-3,4* (L_1—L_3, C_1—C_7), обеспечивающий подавление продуктов, частоты которых лежат выше 3,4 кГц. Режим работы каскада стабилизирован резисторами R_{12}—R_{14}. Резистор R_{10} стабилизирует коллекторную нагрузку каскада и входное сопротивление фильтра *Д-3,4*. Конденсатор C_8 — разделительный. Контур C_9, L_4, R_{11}, включенный в цепь отрицательной обратной связи каскада, служит для коррекции усиления каскада в области верхних частот (в области 3,0—3,4 кГц). Глубина коррекции (величина усиления) регулируется резистором



Вых. НЧ
Тр1
К12
4
5
7
8
Вых. НЧ 1
К14
6
3
2
К13
К6
R1
T1
R3
R4
R2
T2
R5
R6
Тр2
4
2
1
5
R7
8
L1
L2
L3
2
1
C2
C4
C6
C1
C3
C5
C7
C8
R8
R9
−60 В
К1
Вых. ПСУ
К4
К2
C13
R22
R23
T6
T7
Д1
R24
R25
R26
R27*
C14
R28
T8
L6
1
2
3
4
C15
C16
L7
C17
T9
R30
R29
СТ1

Рис. 6.9. Приемник системы

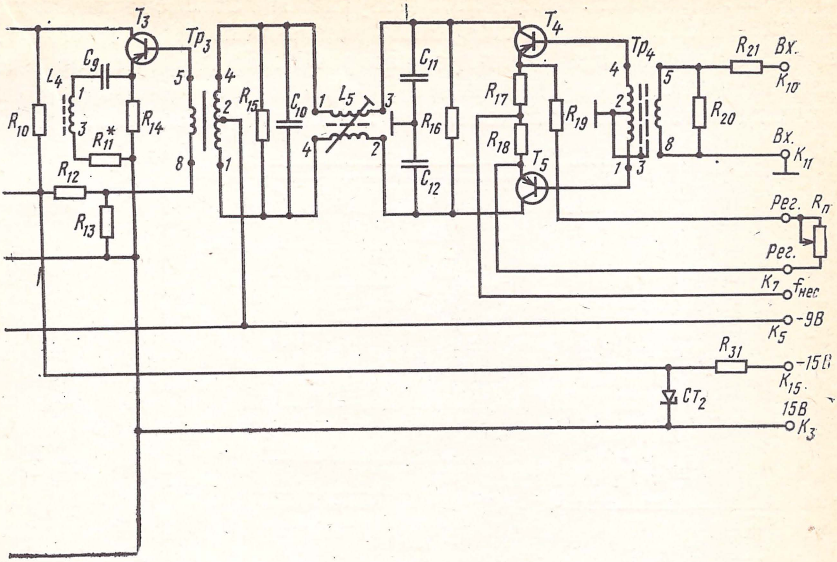
R_{11} и максимальна при минимальной величине этого резистора. Резистор R_7 стабилизирует выходное сопротивление фильтра *Д-3,4*.

Оконечный усилитель выполнен по двухтактной схеме на транзисторах T_1, T_2 и работает в режиме класса *А*. В этом режиме усиливаются обе полуволны сигнала, поэтому суммарный коэффициент гармоник каскада минимален и не превышает 1,5% (на $f=400$ Гц). Каскад охвачен отрицательной обратной связью по току (R_3, R_4) и напряжению (обмотка *3—6* трансформатора Tp_1 и резисторы R_1, R_2). Режим работы каскада по постоянному току обеспечивается резисторами R_3—R_6.

Усиление приемника регулируется потенциометром $R_п$, подключенным к эмиттерам T_3, T_4. Резистор R_{19} ограничивает максимальное усиление приемника. Пределы регулировки усиления составляют не менее ±2,6 дБ.

Сигнальная частота 3825 Гц после усиления *Пр.Ус* поступает на вход *вспомогательного усилителя ВУс*, выполненного на транзисторе T_9. Каскад является резонансным и вносит усиление только на частоте 3825 Гц. Для других частот транзистор каскада оказывается включенным по схеме с общим коллектором (ОК) и имеет высокое входное сопротивление, не шунтируя токов разговорных частот. Режим работы каскада стабилизирован резисторами R_{30}, R_8, R_9. Вспомогательный усилитель работает в режиме ограничения, что улучшает надежность работы сигнального тракта при колебаниях уровня сигнальной частоты.

Нагрузкой усилителя является *полосовой фильтр П-3,825* (L_6, L_7, C_{15}—C_{17}), выделяющий сигнальную частоту 3825 Гц и заглу-



передачи КАМА

шающий токи остальных частот. Полоса пропускания фильтра равна 150 Гц.

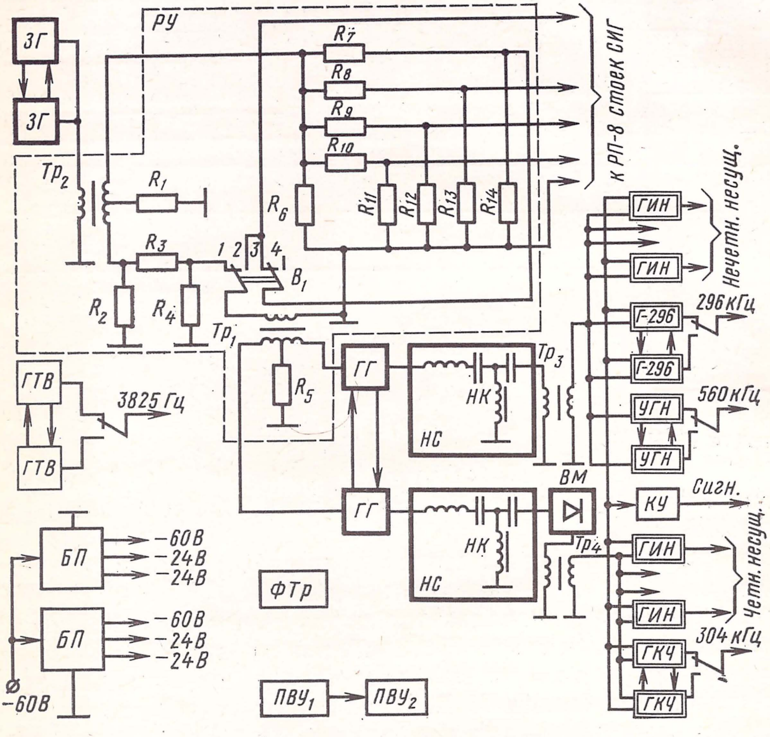
На выходе фильтра включен триггерный *приемник сигналов управления ПСУ* (T_6—T_8), аналогичный *ПСУ* аппаратуры КРР-М. Резистором R_{27} устанавливается порог срабатывания ПСУ. Рабочий ток приемника равен 45±3 мА в нагрузке 1200 Ом. Приемник сигналов управления получает питание от источника постоянного тока напряжением 60 В. От этого же источника через параметрический стабилизатор напряжения R_{29}, $Ст_1$ питание подается на демодулятор и в плату передатчика. Остальные узлы приемника питаются через параметрический стабилизатор R_{31}, $Ст_2$ от источника 15 В.

6.8. ГЕНЕРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

Для работы стойки СИГ системы передачи КАМА необходимы 30 индивидуальных несущих частот каналов, контрольная частота 304 кГц, вспомогательная частота 296 кГц, групповая несущая частота 560 кГц и сигнальная частота 3825 Гц. Оборудование для получения указанных частот располагается на стойке СГО и рассчитано на питание до четырех стоек СИГ. Функциональная схема СГО показана на рис. 6.10.

Все частоты, за исключением частоты 3825 Гц, кратны 8 кГц, и для их получения используется гармоническая система с опорной частотой 8 кГц. Последняя получается от блока *задающего генератора ЗГ* и поступает в блок *развязывающих устройств РУ* на дифференциальный трансформатор *Тр*$_2$. Трансформатор имеет два выхода. К одному из них, нагруженному на резистор R_6, подключены четыре запараллеленные по входу *удлинителя:* R_7, R_{14};



ЗГ
ЗГ
РУ
R_7
R_8
R_9
R_{10}
к РП-8 стоек СИГ
Tp_2
R_1
R_6
R_{11}
R_{12}
R_{13}
R_{14}
R_3
1 2 3 4
B_1
R_2
R_4
Tp_1
R_5
ГГ
ГГ
НК
НС
НК
НС
Tp_3
ВМ
Tp_4
ГТВ
ГТВ
3825 Гц
ГИН
ГИН
Нечетн. несущ.
Г-296
Г-296
296 кГц
УГН
УГН
560 кГц
КУ
Сигн.
ГИН
ГИН
Четн. несущ.
ГКЧ
ГКЧ
304 кГц
БП
−60В
−24В
−24В
БП
−60В
−24В
−24В
−60В
ФТр
$ПВУ_1$
$ПВУ_2$

Рис. 6.10. Функциональная схема СГО

R_8, R_{13}; R_9, R_{12}; R_{10}, R_{11} — каждый затуханием 15 дБ. Сигналы с выходов удлинителей поступают на блоки *РП-8* стоек СИГ и далее в линию для синхронизации генераторного оборудования противоположных оконечных станций. Второй выход *Тр*$_2$ через удлинитель R_2—R_4 с общим затуханием 30 дБ соединяется с *дифсистемой*, выполненной на трансформаторе *Тр*$_1$. Выходы этой дифсистемы подключаются к блокам *генераторов гармоник ГГ*. Резисторы R_1, R_5 являются балансными сопротивлениями дифсистем.

Тумблером B_1 включается режим внешней синхронизации либо синхронизации от местного *ЗГ*. На крупных телефонных сетях, оборудованных единой системой синхронизации, опорная частота 8 кГц на блок *РУ* поступает от устройств сети синхронизации и блоки *ЗГ* стоек СГО не используются.

Генератор гармоник является умножителем частоты и имеет два выхода: четных и нечетных гармоник. К выходу четных гармоник подключены генераторы индивидуальных несущих частот *ГИН* четных каналов и генератор контрольной частоты 304 кГц *ГКЧ*; к выходу нечетных гармоник подключены *ГИН* нечетных каналов, генератор вспомогательной частоты 296 кГц *Г-296* и усилитель групповой несущей частоты *УГН*. Для контроля за работой генераторов и *УГН* служит блок *контрольного устройства КУ*. Сигнальная частота 3825 Гц вырабатывается *генератором тонального вызова ГТВ*. Эта частота используется для питания *статреле* стоек *СИГ*.

В системе передачи КАМА предусмотрена возможность организации служебной связи, для чего в стойке СГО установлены два блока *переговорно-вызывного устройства* — $ПВУ_1$ и $ПВУ_2$. Служебная связь может быть образована по ВЧ каналу и по фантомным цепям (средним точкам линейных трансформаторов). Для организации служебной связи по фантомным цепям служит блок *фантомных трансформаторов ФТр*.

Питание генераторного оборудования и блоков *ПВУ* производится от *блоков питания БП*.

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР

Задающий генератор *ЗГ* (рис. 6.11) состоит из двухкаскадного усилителя с трансформаторной связью между каскадами и цепи обратной связи мостового типа. Оба каскада усилителя выполнены по схеме с ОЭ. В первом каскаде применен транзистор T_1, во втором — T_3. Резисторы R_2—R_4, R_6, а также R_7, R_8, R_{10} стабилизируют режим работы транзисторов по постоянному току. Кроме того, резисторы R_6 и R_{10}, не зашунтированные конденсаторами, создают отрицательную обратную связь по переменному току, улучшающую характеристики соответствующих каскадов.

Выходной трансформатор $Тр_2$ имеет три обмотки: обмотка *1—2* включена в коллектор T_3, обмотка *4—5* — выходная, а обмотка *6—8* включена в диагональ моста обратной связи. Мост обратной связи служит для стабилизации частоты и уровня выходного сигнала генератора. Высокая относительная стабильность частоты генерации (порядка $3\cdot10^{-6}$) достигается включением в одно из плеч моста *кварцевого резонатора КВ*, работающего с частотой последовательного резонанса, равной 8000 Гц. В небольших пределах частоту генерации можно изменять конденсаторами C_1, C_2.

Стабилизация уровня выходного сигнала генератора осуществляется термистором R_1, включенным в другое плечо моста. Режим работы термистора по постоянному току задается резистором R_3, который с резистором R_4 образует противоположные плечи моста обратной связи. Напряжение выхода генератора составляет $1{,}25\pm\pm0{,}1$ В. В небольших пределах оно может изменяться переключением выводов обмотки *6—8* $Тр_2$.

Для исключения температурных влияний на частоту генерации термистор и кварцевый резонатор помещены в *термостат* с температурой термостатирования 50°С. Схема регулировки термостатирования выполнена с применением ртутного *термоконтактора* $Э_1$.

При включении блока отрицательный потенциал — 24 В через резистор R_{11} подается в цепь базы T_2. Транзистор полностью открывается, срабатывает реле P_1 и контактами *3—4* включает цепь нагревательного элемента $Э_2$. Когда температура в термостате достигнет 50°С, термоконтактор $Э_1$ шунтирует цепь базы T_2. Транзистор закрывается, и реле P_1 отпускает, размыкая контакты *3—4*. Нагрев прекращается. После некоторого снижения температуры контакт $Э_1$ размыкается, T_2 открывается и реле P_1 вновь срабатывает, включая подогрев. Далее процесс повторяется. Если по каким-либо причинам при 50°С подогрев не выключился, то по достижении 60°С замыкается цепь реле P_2 и оно срабатывает, контактами *1—2* выключая подогрев, а контактами *3—4* замыкая цепи лампы $Л_1$ (сигнализирующей о перегреве) и аварийной сигнализации.

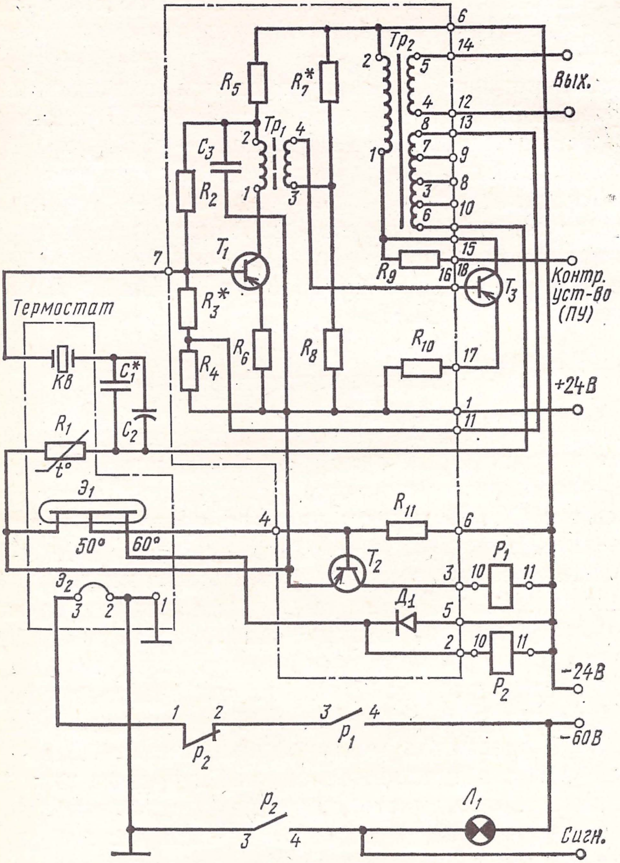

6
14
$Тр_2$
Вых.
R_5
R_7^*
$Тр_1$
C_3
R_2
T_1
7
R_9
15
16
18
T_3
Контр.
уст-во
(ПУ)
Термостат
R_3^*
R_6
R_8
R_{10}
17
Кв
C_1^*
R_4
C_2
+24В
1
11
R_1
t°
$Э_1$
R_{11}
4
6
P_1
T_2
3
10
11
50°
60°
$Д_1$
5
$Э_2$
2
P_2
-24В
-60В
$Л_1$
Сигн.

Рис. 6.11. Задающий генератор

Питание блока производится от напряжения 24 В; цепь подогрева работает от напряжения 60 В. Элементы R_5, C_3 являются фильтром питания.

ГЕНЕРАТОР ГАРМОНИК

Генератор гармоник является *умножителем* частоты 8 кГц. Он состоит из *резонансного усилителя Ус.ГГ* и *нелинейной системы*. В отличие от системы передачи КРР-М, где *Ус.ГГ* с целью стабилизации выходного уровня выполнен в виде автогенератора, работающего в режиме с захватыванием, *Ус.ГГ* системы передачи КАМА выполнен в виде резонансного усилителя с автоматической регулировкой усиления. Нелинейная система *НС*, нагружающая усилитель, аналогична *НС* системы передачи КРР-М.

Принципиальная схема генератора гармоник показана на рис. 6.12. Резонансный усилитель *Ус.ГГ* состоит из вспомогательного усилителя и усилителя мощности. *Вспомогательный усилитель* выполнен двухкаскадным. Транзистор T_1 первого каскада усилителя включен по схеме с общим коллектором (ОК), что позволяет получить высокое входное сопротивление усилителя, необходимое при согласовании с блоком развязывающих устройств. С последним *Ус.ГГ* соединяется через разделительный конденсатор C_1.

Второй каскад усилителя — резонансный — выполнен на транзисторе T_3, включенном по схеме с ОЭ, и охвачен местной отрицательной обратной связью по переменному току (резистор R_5). Связь между первым и вторым каскадами непосредственная, а режим работы транзисторов определяется величинами сопротивлений резисторов R_1—R_3, R_5—R_6. Нагрузкой второго каскада является контур, образованный индуктивностью обмоток *7—8* трансформатора $Тр_1$, *1—2* катушки L_1 и конденсатором C_4. Частота настройки контура равна 8 кГц. Обмотка *4—5* $Тр_1$ служит для автоматической регулировки усиления (АРУ) вспомогательного усилителя. С этой целью напряжение сигнала, наводимое в этой обмотке, выпрямляется диодами $Д_1$, $Д_2$ и, сглаженное конденсатором C_2, подается на базу T_2. Отрицательное по отношению к базе T_2 управляющее напряжение в зависимости от своей величины в большей или меньшей степени открывает T_2, шунтирующий входную цепь второго каскада усиления. Пределы регулировки АРУ устанавливаются резистором R_4.

Для большей стабильности усиления питание вспомогательного усилителя осуществляется от *параметрического стабилизатора напряжения* R_9, $Ст_1$.

Со вторичной обмотки $Тр_1$ сигнал поступает на *усилитель мощности* — двухтактный выходной каскад на транзисторах T_4, T_5. Транзисторы включены по схеме с ОЭ и охвачены местной отрицательной обратной связью по переменному току (резисторы R_7, R_8). Нагрузкой оконечного каскада является контур, образован-

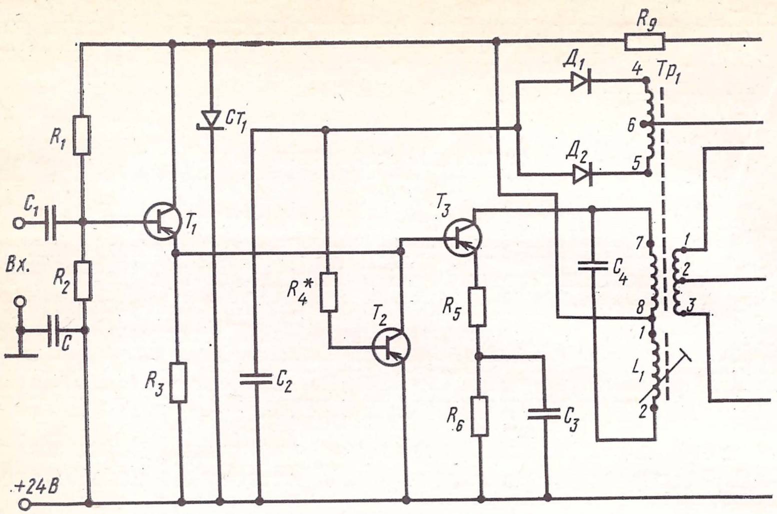


Рис. 6.12. Генератор

ный первичной обмоткой $Тр_2$ и конденсаторами C_5—C_7. С помощью конденсаторов контур настраивается на частоту 8000 Гц.

Выход *Ус.ГГ* нагружен на *нелинейную систему*, составленную из контура L_2, C_8—C_{10}, нелинейной катушки *Др*, конденсатора C_{11}, удвоителя частоты $Д_3$—$Д_6$ и импульсных трансформаторов $Тр_3$, $Тр_4$. В результате работы магнитного генератора на выходе $Тр_3$ образуется знакопеременная последовательность импульсов, содержащая нечетные гармоники частоты 8 кГц. Четные гармоники получаются на выходе $Тр_4$ после удвоения частоты следования импульсов.

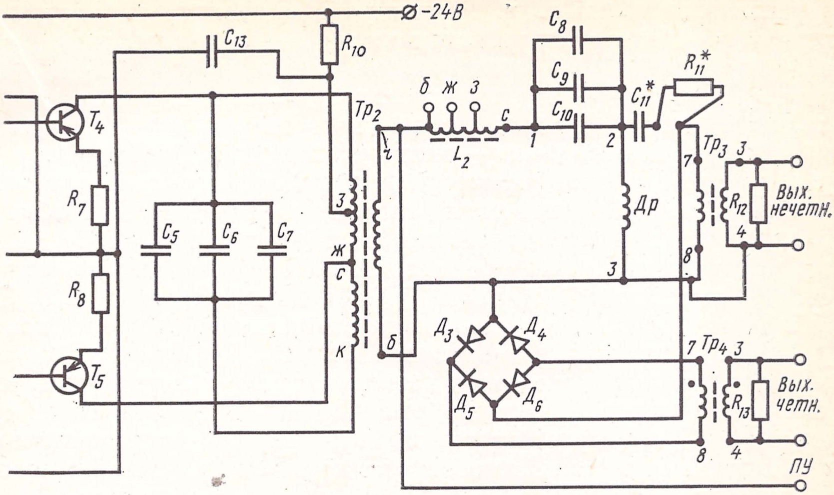
Взаимная защищенность четного и нечетного выходов генератора гармоник составляет не менее 26 дБ, напряжение используемых гармоник 100—150 мВ.

Генератор гармоник получает питание от источника постоянного тока напряжением 24 В.

ГЕНЕРАТОР ИНДИВИДУАЛЬНОЙ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ

Генератор индивидуальной несущей частоты *ГИН* предназначен для питания индивидуальных преобразователей канала стоек СИГ токами несущей частоты. Принципиальная схема *ГИН* показана на рис. 6.13.

Генератор индивидуальных несущих состоит из *полосового фильтра ПФ*, аналогичного фильтру *ГИН* системы передачи КРР-М, и трехкаскадного усилителя. Фильтр, подключенный к соответствующему выходу *ГГ*, выделяет нужную гармонику опорного сигнала 8 кГц, необходимую для синхронизации *ГИН*. Однако напряжения выделенной гармоники (несколько десятков милливольт) недостаточно для непосредственной синхронизации авто-


-24В
C13
R10
T4
R7
R8
T5
C5
C6
C7
Tp2
б ж з
с
L2
C8
C9
C10
C11*
R11*
Tp3
Др
R12
Вых. нечетн.
Д3
Д4
Д5
Д6
Tp4
R13
Вых. четн.
ПУ

гармоник

генератора, поэтому первый каскад *ГИН* выполняет роль усилителя синхронизирующего сигнала. Этот каскад усиления собран на транзисторе T_1, включенном по схеме с ОЭ. Резистор R_1 согласует входное сопротивление каскада с выходным сопротивлением фильтра, а совместно с резистором R_2 образует Г-образный удлинитель, регулирующий напряжение выделенной гармоники на вхо-

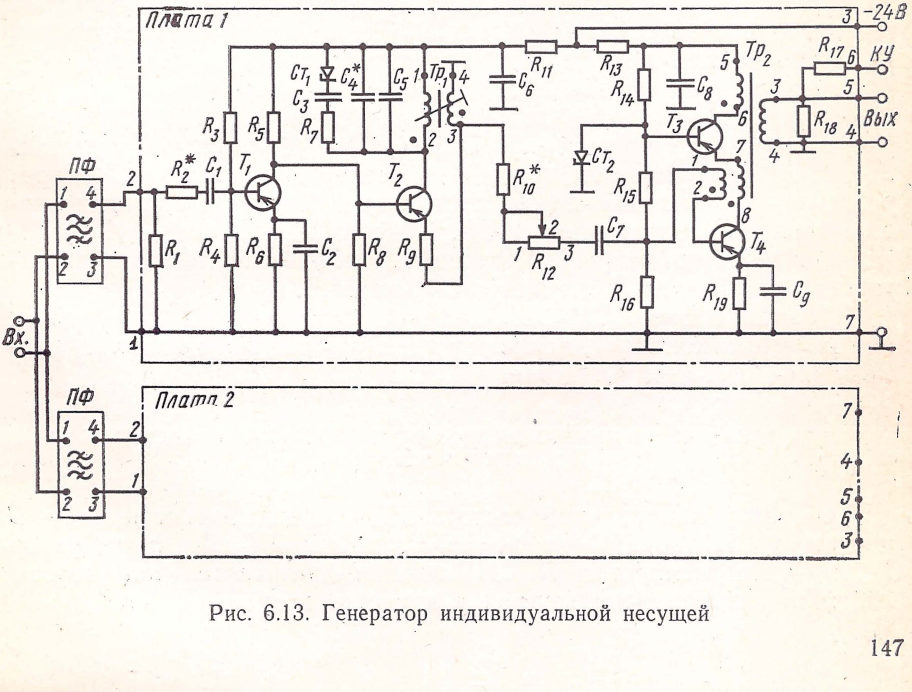

Плата 1
-24В
R11
R13
Tp2
R17
КУ
Вых
Ст1
C4*
C3
C5
Tp1
C6
R3
R5
R7
R14
C8
T3
R18
Ст2
ПФ
R2*
C1
T1
T2
R10*
R15
R1
R4
R6
C2
R8
R9
R12
C7
T4
R16
R19
C9
Вх.
Плата 2

Рис. 6.13. Генератор индивидуальной несущей

де усилительного каскада. Режим работы каскада по постоянному току обеспечивается резисторами R_3, R_4, R_6. Конденсатор C_1 — разделительный, C_2 — блокирующий.

Второй каскад *ГИН* (транзистор T_2) является *автогенератором*, работающим в режиме с захватыванием. Связь между первым и вторым каскадами — непосредственная. Автогенератор собран по схеме с трансформаторной обратной связью. Напряжение положительной обратной связи снимается со вторичной обмотки трансформатора Tp_1 и подается в цепь эмиттера T_2. Собственная частота автогенератора определяется настройкой контура, составленного из первичной обмотки Tp_1 и конденсаторов C_4, C_5. Для стабилизации выходного уровня генератора колебательный контур Tp_1, C_4, C_5 зашунтирован цепочкой $Cт_1$, C_3, R_7. При положительных полупериодах колебаний, возникающих в контуре, через стабилитрон $Cт_1$ протекает ток, в результате чего на обкладках конденсатора C_3 образуется постоянное напряжение, способствующее симметричному ограничению колебаний в контуре и поддержанию их амплитуды на одном уровне. По постоянному току цепочка $Cт_1$, C_3, R_7 образует параметрический стабилизатор напряжения, стабилизирующий напряжение на T_1 и T_2. Резисторами R_5, R_8, R_9 обеспечивается режим работы автогенератора по постоянному току. Резистором R_2 относительная ширина полосы захватывания подбирается такой, чтобы уход собственной частоты автогенератора от номинальной менее чем на ±2 кГц не выводил его из синхронизма.

Выходное напряжение автогенератора, снимаемое с обмотки обратной связи, через резистор R_{10} и потенциометр R_{12} подается на выходной каскад (транзисторы T_3, T_4), представляющий собой генератор с внешним возбуждением. Режим работы транзисторов T_3, T_4 по постоянному току обеспечивается резисторами R_{14}—R_{16}, R_{19} и стабилитроном $Cт_2$. Конденсатор C_7 — разделительный, C_9— блокирующий. Выходное напряжение, равное 1,2±0,1 В, регулируется потенциометром R_{12}. Резистор R_{18} — балластный и выпаивается при подключении третьей и четвертой стоек СИГ. Через резистор R_{17} выходной сигнал поступает в блок *КУ*, осуществляющий контроль синхронизма *ГИН*. Цепочки R_{11}, C_6 и R_{13}, C_8 являются фильтрами питания. Питание блока осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В.

В одном блоке *ГИН* размещаются два генератора (четных или нечетных каналов), исключая *ГИН* 29-го и 30-го каналов, размещенные по одному в блоке.

ГЕНЕРАТОРЫ КОНТРОЛЬНОЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЧАСТОТ (ГКЧ И Г-296)

Генератор контрольной частоты *ГКЧ* предназначен для питания стоек СИГ токами *контрольной* частоты 304 кГц, а генератор *Г-296* — для питания стоек СИГ токами *вспомогательной* частоты 296 кГц, которая используется в качестве несущей в $ПКК_1$.

Принципиальные схемы *ГКЧ* и *Г-296* не отличаются от принципиальной схемы *ГИН*.

Как и в *ГИН*, номинальное выходное напряжение генераторов *ГКЧ* и *Г-296* составляет 1,2 В. Питание генераторов осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В.

УСИЛИТЕЛЬ ГРУППОВОЙ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ

Усилитель групповой несущей частоты *УГН* предназначен для питания групповых преобразователей стоек СИГ токами частоты 560 кГц. В отличие от системы передачи КРР-М, эта частота в *УГН* системы передачи КАМА получается удвоением частоты 280 кГц (35-я гармоника частоты 8 кГц). Это вызвано стремлением упростить конструкцию полосового фильтра *П-280*, включенного на входе усилителя (рис. 6.14).

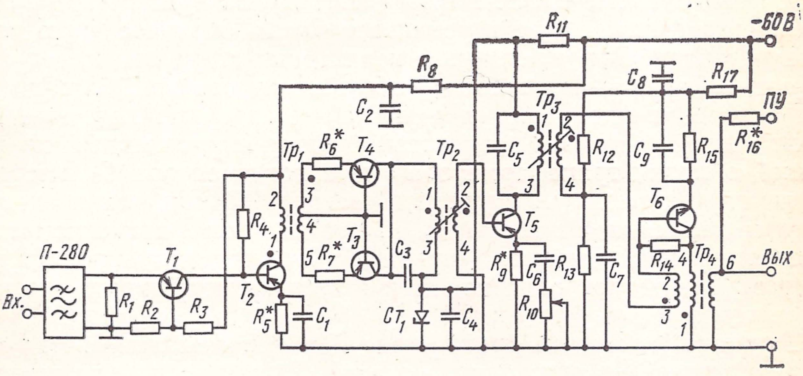


Рис. 6.14. Усилитель групповой несущей частоты

Усилитель подключается к нечетному выходу генератора гармоник через фильтр *П-280*. Сигнал, выделенный фильтром, подается на двухкаскадный усилитель частоты 280 кГц. Первый каскад усилителя выполнен на транзисторе T_1, включенном по схеме с ОБ. Такое включение позволяет получить низкое входное сопротивление каскада, необходимое для согласования с фильтром *П-280*.

Первый каскад непосредственно связан со вторым, транзистор T_2 которого включен по схеме с ОЭ. Резисторы R_1—R_5 определяют режим работы обоих транзисторов по постоянному току. Конденсатор C_1 — блокирующий. Нагрузкой каскада является трансформатор $Тр_1$, со вторичной обмотки которого сигнал подается на удвоитель частоты.

Удвоитель частоты выполнен на транзисторах T_3, T_4, включенных по схеме с ОБ. Транзисторы не имеют смещения на эмиттерах и поэтому усиливают лишь положительную полуволну сигнала (по отношению к эмиттеру). Транзисторы открываются попеременно, и в общей коллекторной цепи ток имеет форму *однополяр-*

ных импульсов (как при двухполупериодном выпрямлении). Такой сигнал содержит постоянную составляющую и четные гармоники частоты 280 кГц. Контур, составленный из первичной обмотки трансформатора $Тр_2$ и конденсатора C_3, настроен на частоту *второй гармоники* — частоту 560 кГц. По постоянному току умножитель частоты получает питание через параметрический стабилизатор напряжения R_{11}, C_4, $Ст_1$. Поскольку напряжение питания на коллекторы транзисторов подается через контур умножителя, амплитуда колебаний тока частоты 560 кГц на контуре $Тр_2$, C_3 не может превышать напряжение на стабилитроне $Ст_1$ и последний работает как *ограничитель амплитуды*. Напряжение сигнала на контуре остается неизменным даже при колебаниях напряжения на входе блока.

Со вторичной обмотки $Тр_2$ сигнал поступает на вход усилителя 560 кГц. Усилитель выполнен двухкаскадным, оба транзистора включены по схеме с ОЭ. Первый каскад на транзисторе T_5 не имеет смещения на базе и усиливает лишь отрицательную полуволну сигнала. В коллекторной цепи транзистора ток имеет форму однополярных импульсов с частотой следования 560 кГц (как при однополупериодном выпрямлении) и содержит нечетные гармоники этой частоты. Резонансный контур, составленный из первичной обмотки трансформатора $Тр_3$ и конденсатора C_5, настроен на первую гармонику и выделяет частоту 560 кГц для последующего ее усиления. Элементы R_9, C_6, R_{10} служат для автоматического смещения. Изменяя величину R_{10}, можно регулировать глубину отрицательной обратной связи каскада и величину вносимого усиления.

Выходной каскад на транзисторе T_6 работает в линейном режиме (усиливает обе полуволны сигнала). Режим работы по постоянному току задается резисторами R_{12}, R_{13}, R_{15}. Конденсаторы C_7, C_9 — блокирующие; R_{17}, C_8 и R_8, C_2 — фильтры питания. Нагрузкой оконечного каскада является трансформатор $Тр_4$, включенный в коллекторную цепь T_6 (*n-p-n*-типа). Обмотка *2—3* $Тр_4$ является обмоткой обратной связи по напряжению, повышающей стабильность уровня выходного сигнала. Напряжение сигнала на выходе усилителя составляет 1,2 В на сопротивлении нагрузки 11 Ом.

Усилитель получает питание от источника постоянного тока напряжением 60 В.

КОНТРОЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Контрольное устройство *КУ* предназначено для контроля за синхронной работой блоков *ГИН, ГКЧ* и *Г-296*. Принципиальная схема *КУ* приведена на рис. 6.15.

На вход блока подключены контрольные выходы всех генераторов. Групповой сигнал усиливается *предварительным усилителем* на транзисторе T_1. Режим работы транзистора задается резисторами R_5, R_6, R_8. Резистор R_4 выполняет роль шунта, обеспечивающего требуемое входное сопротивление *КУ* (порядка 10 Ом). Конденсатор C_1 — разделительный, C_3 — блокирующий.

Второй каскад на транзисторе T_2 работает без смещения на базе и является *детектором*. Режим детектирования задается резисторами R_9—R_{11}, конденсатор C_2 — разделительный. При синхронной работе контролируемых генераторов на выходе детектора образуются всевозможные комбинации частот, кратные 8 кГц. Нагрузкой детектора является *фильтр нижних частот Д-4,0*, составленный из элементов L_1, L_2, C_4—C_8, C_{10}. Характеристическое сопротивление фильтра равно 4 кОм. Так как частота среза фильтра равна 4,0 кГц, то при синхронной работе контролируемых генераторов напряжение на выходе фильтра отсутствует. При выходе какого-либо генератора из синхронизма его частота изменяется и не является уже кратной 8 кГц. В этом случае на выходе детектора появится сигнал с частотой, лежащей в полосе пропускания фильтра. Через разделительный конденсатор C_9 этот сигнал поступает на *усилитель низкой частоты* (транзисторы T_3, T_4). Резисторы R_{12}—R_{16} обеспечивают режим работы усилителя. Конденсатор C_{11} — разделительный. Оконечный каскад представляет собой *усилитель-детектор* T_5, нагруженный на триггер Шмитта T_6, T_7, аналогичный *ПСУ* приемника канала. При отсутствии сигнала на выходе усилителя T_5 закрыт, а триггер находится в состоянии, при котором T_6 открыт и насыщен, а T_7 закрыт. Реле P_1 не работает. При наличии входного сигнала T_5 открывается его отрицательными полуволнами и триггер опрокидывается в состояние, при котором T_6 закрыт, а T_7 открыт и насыщен. Реле P_1 срабатывает, включая сигнализацию и лампу $Л_1$, расположенную на лицевой панели блока *КУ*.

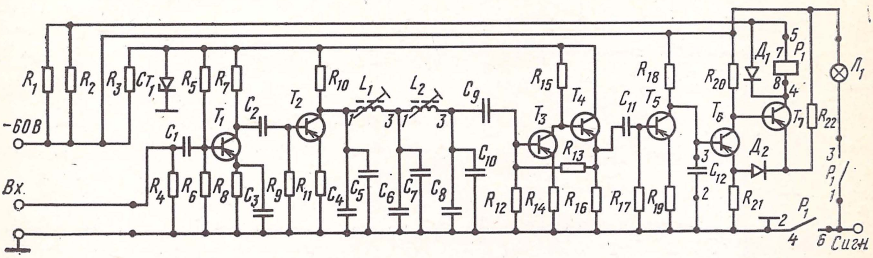


Рис. 6.15. Контрольное устройство

Блок *КУ* получает питание от источника постоянного тока напряжением 60 В. Усилительные каскады и детектор питаются через параметрический стабилизатор напряжения R_3, $Ст_1$. Резисторы R_1, R_2 — гасящие.

ГЕНЕРАТОР ТОНАЛЬНОГО ВЫЗОВА

Генератор тонального вызова *ГТВ* (рис. 6.16) служит для получения частоты 3825 Гц, которая используется для питания статических реле стоек СИГ. Первый каскад на транзисторе T_1 является *автогенератором*, выполненным по дифференциально-мостовой схеме. Контур L_1, C_2—C_4 настроен на частоту генерации 3825 Гц. Резисторы R_3, R_4 являются балансными сопротивлениями. Кроме того, эти резисторы совместно с резисторами R_1, R_2 обеспечивают режим работы автогенератора по постоянному току. Конденсатор C_1 — блокирующий, C_5 — разделительный. В преде-

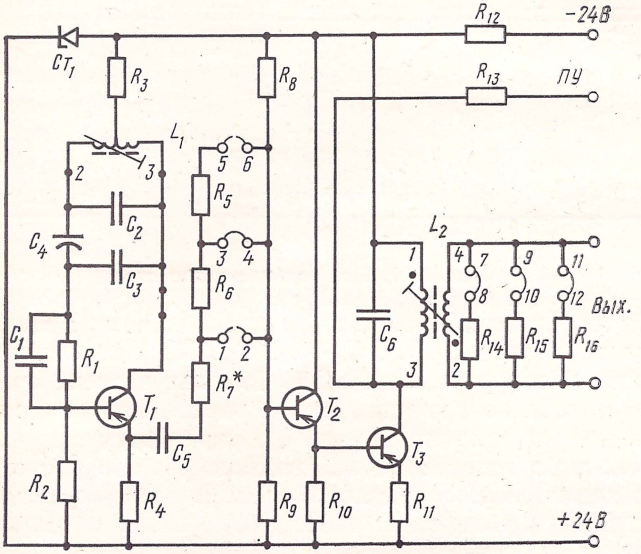


Рис. 6.16. Генератор тонального вызова

лах нескольких герц частоту генерации можно изменять конденсатором C_4. Относительная стабильность частоты генератора — не хуже $3 \cdot 10^{-3}$. Сигнал автогенератора усиливается *резонансным усилителем* (транзисторы T_2, T_3). Для уменьшения влияния нагрузки на частоту генератора входное сопротивление усилителя сделано высокоомным. С этой целью транзистор T_2 первого каскада усилителя включен по схеме с ОК. Первый каскад усилителя непосредственно нагружен на второй, транзистор T_3 которого включен по схеме с ОЭ. Режим работы обоих каскадов по постоянному току обеспечивается резисторами R_8—R_{11}. Кроме того, резистор R_{11} создает отрицательную обратную связь по постоянному току, стабилизирующую работу каскада.

Нагрузкой усилителя является контур, образованный индуктивностью первичной обмотки выходного трансформатора L_2 и конденсатором C_6. Контур настроен на частоту 3825 Гц. Вторичная обмотка L_2 является выходной. Резисторы R_{14}—R_{16} — балластные и выпаиваются при подключении второй, третьей и четвертой стоек СИГ соответственно. На нагрузке 15,5 Ом выходное напряжение генератора составляет 220±13 мВ. Ступенчатая регулировка выходного напряжения производится делителем R_5—R_7.

Генератор имеет параметрический стабилизатор напряжения R_{12}, $Ст_1$ и получает питание от источника постоянного тока напряжением 24 В.

КОНТРОЛЬ РАБОТЫ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ УЗЛОВ СТОЙКИ СГО

В генераторном оборудовании системы передачи КАМА резервируются блоки: *ЗГ*, *ГГ*, *ГКЧ*, *Г-296*, *УГН* и *ГТВ*. Блоки, работающие в основном режиме и резерве, равноправны, они не различаются ни по электрической схеме, ни по месту в каркасе стойки. Контроль исправности и переключение блоков производятся переключающими устройствами *ПУ* (рис. 6.17), принцип работы которых во всех блоках одинаков.

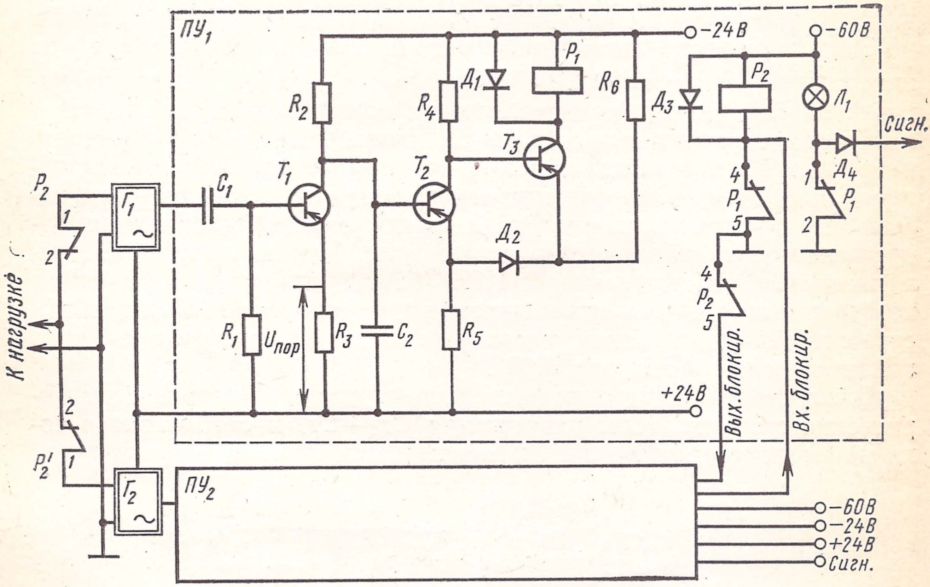

ПУ1
−24В
−60В
Р1
Д1
R6
Д3
Р2
Л1
R2
R4
Т3
Сигн.
Д4
1
Р1
2
Т1
Т2
С1
Р2
1
2
Г1
4
Р1
5
Д2
4
Р2
5
К нагрузке
R1
Uпор
R3
С2
R5
+24В
Вых. блокир.
Вх. блокир.
2
Р'2
1
Г2
ПУ2
−60В
−24В
+24В
Сигн.

Рис. 6.17. Схема переключающего устройства

Каждый из генераторов $Г_1$ и $Г_2$ имеет *переключающее устройство ПУ,* аналогичное *ПСУ* приемника канала. Ко входу *ПУ* подключается контрольный выход соответствующего генератора. Если напряжение на входе *ПУ* превышает пороговое ($U_{пор}$), то T_1 открыт, а триггер T_2, T_3 находится в состоянии, при котором T_2 закрыт, а T_3 открыт и насыщен. Реле P_1 работает, а через спокойные контакты *1—2* реле P_2 выход генератора подключается к нагрузке.

При пропадании или занижении напряжения на выходе генератора до величины ниже пороговой T_1 закрывается, а триггер переключается в состояние, при котором T_2 открыт и насыщен, а

T_3 закрыт. Реле P_1 отпускает, включая аварийную сигнализацию. Через контакты *4—5* реле P_1 срабатывает реле P_2, которое отключает генератор от нагрузки и снимает блокировку (контакты *4—5* реле P_2) с *ПУ* резервного блока. В последнем отпускает реле P'_2, своими контактами *1—2* подключая выход резервного блока к нагрузке. Контактами *4—5* реле P'_2 резервного блока на основной блок подается сигнал блокировки («земля»), исключающий подключение этого блока к нагрузке.

При одновременном включении исправных блоков первым к нагрузке подключается тот генератор, на выходе которого быстрее появится напряжение. Второй генератор при этом блокируется, оставаясь в горячем резерве.

6.9. ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ОКОНЕЧНЫХ СТАНЦИЙ

Электропитание системы передачи КАМА производится от станционной батареи 60^{+6}_{-2} В. Оконечные станции получают питание от батареи непосредственно без применения преобразователей тока и гасящих сопротивлений. Нужные градации питающих напряжений получаются с помощью *параметрических стабилизаторов напряжения*, включенных последовательно. Для гашения избыточного напряжения последовательно со стабилизаторами напряжения включается *стабилизатор тока*. Такое включение элементов обеспечивает высокий КПД блоков питания и улучшает коэффициент стабилизации выходных напряжений. Принцип построения блоков питания рассмотрим на упрощенной схеме блока питания стойки СИГ (рис. 6.18).

Блок питания содержит последовательно включенные параметрические стабилизаторы напряжения $Ст_2$—$Ст_7$ и стабилизатор тока на транзисторах T_1, T_2. Элементы цепи питания образуют три

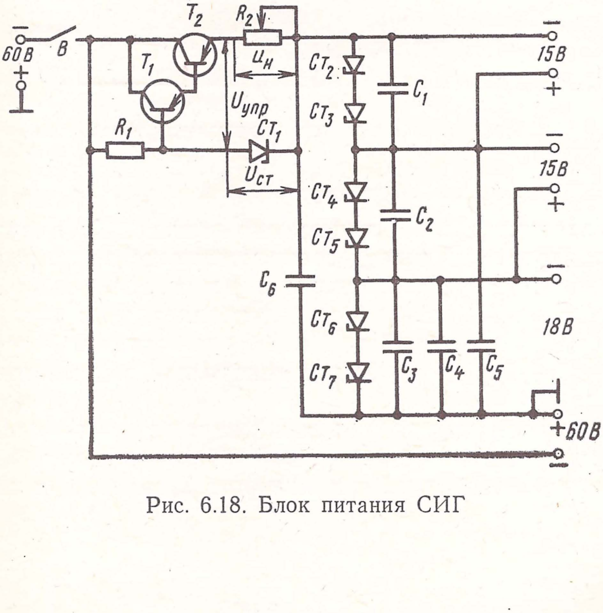


Рис. 6.18. Блок питания СИГ

группы стабилизированных питающих напряжений, между которыми распределяется вся нагрузка стойки. Первые две группы, каждая напряжением 15 В, рассчитаны на ток нагрузки 0,4 А. На тот же ток нагрузки рассчитана третья группа питания напряжением 18 В. Кроме того, ряд цепей стойки СИГ получает питание непосредственно от станционной батареи, для чего образована четвертая группа питающего напряжения 60 В (не стабилизированного).

Параметрический стабилизатор напряжения каждой группы выполнен на двух стабилитронах, включенных последовательно.

Благодаря применению стабилитронов обеспечивается независимость тока нагрузки одного выхода от тока нагрузки другого. Так, если ток нагрузки первого выхода отсутствует, то весь ток идет через стабилитроны, а ток нагрузки и напряжение других выходов не изменяются. Конденсаторы C_1—C_3 устраняют взаимное влияние выходов через общий источник питания. Одновременно плюсовые шины первого и второго выходов по переменному току (через C_4, C_5) соединяются с плюсовым проводом станционной батареи.

Суммарное напряжение трех последовательно образованных групп питающих напряжений составляет 48 В, в то время как напряжение станционной батареи равно 60 В. Для того чтобы погасить излишек напряжения, а также стабилизировать ток нагрузки, в цепь параметрических стабилизаторов напряжения включен стабилизатор тока.

Стабилизатор тока выполнен на транзисторах T_1, T_2. Практически весь ток нагрузки идет через транзистор T_2, поэтому он является регулирующим. Величина тока, протекающего через транзистор, зависит от потенциала его базы: более отрицательный потенциал базы уменьшает сопротивление транзистора, в то время как менее отрицательный его увеличивает. Для того чтобы ток, потребляемый схемой питания, не зависел от нагрузки и напряжения станционной батареи, сопротивление регулирующего транзистора сделано управляемым. Это достигается с помощью согласующего транзистора T_1, режим по постоянному току которого задается резисторами R_1, R_2 и стабилитроном $Ст_1$.

Эмиттерный ток транзистора T_1 является базовым для T_2 и зависит от управляющего напряжения $U_{упр}$, минус которого приложен к базе T_1. Величина $U_{упр}$ определяется разностью между падением напряжения на стабилитроне $U_{ст}$ и падением напряжения $U_{н}$ от тока нагрузки на R_2, т. е. $U_{упр} = U_{ст} - U_{н}$. Падение напряжения на стабилитроне не зависит от тока нагрузки и является постоянным. Падение напряжения на резисторе R_2, напротив, находится в прямой зависимости от тока нагрузки; оно увеличивается при возрастании тока нагрузки и уменьшается при его убывании. Являясь разностью двух напряжений, управляющее напряжение соответственно убывает (т. е. становится менее отрицательным) при возрастании тока нагрузки и увеличивается (т. е. становится более отрицательным) при его уменьшении.

Стабилизатор рассчитывается на определенный ток нагрузки, поэтому исходная величина управляющего напряжения при номинальном токе нагрузки является заданной. При изменении, например уменьшении, тока нагрузки падение напряжения на резисторе R_2 уменьшается, что приводит к увеличению $U_{упр}$. С его увеличением ток эмиттера T_1 (или, что одно и то же, ток базы T_2) возрастает, а сопротивление T_2 — уменьшается. В результате ток нагрузки принимает прежнее значение. В случае возрастания тока нагрузки величина $U_{упр}$ и ток эмиттера T_1 уменьшаются, а сопротивление T_2 возрастает, снижая величину тока нагрузки до исходного значения. Таким образом, ток, протекающий через резистор R_2, поддерживается неизменным и равным номинальному. Номинальный ток нагрузки устанавливается резистором R_2.

Схема блока питания стойки СГО принципиально не отличается от схемы питания стойки СИГ, но содержит две группы стабилизированных питающих напряжений, каждая из которых рассчитана на ток нагрузки 0,5 А при напряжении стабилизации 24 В.

Глава 7. РЕЛЕЙНЫЕ КОМПЛЕКТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Релейный комплект с дифференциальной системой представляет собой переходное согласующее устройство, которое включается между прибором ступени искания АТС и оборудованием каждого канала системы передачи. На исходящей стороне канала устанавливается исходящий комплект, а на входящий стороне — входящий.

В настоящее время используются разные типы комплектов: *РСЛУ* для связи с АТС шаговой системы и *РСЛУК* для связи с АТС координатной системы, а также комплекты *РСЛУМ* и *РСЛУМК* для связи с оборудованием междугородного шнура.

Комплекты выполнены в виде съемных плат, стативы которых входят в состав оборудования оконечных станций. Статив *РСЛУ* содержит 20 комплектов и плату сигнализации, а статив *РСЛУК*— 30 комплектов. Релейные комплекты подключаются к станционным устройствам на стативных рамках.

Принцип включения комплекта в схему канала приведен на рис. 7.1. Комплект *РСЛУ* подключен к прибору ступени группового искания шаговой АТС тремя проводами: *a*, *b*, *c* (к контактному полю на исходящей стороне и к щеткам на входящей стороне), а комплект *РСЛУК* подключен к блоку группового искания координатной АТС семью проводами: *a*, *b*, *e*, *f*, *k*, *d*, *c* (в поле ступени *ГИ* на исходящей стороне и к вертикали ступени *ГИ* на входящей стороне). С оборудованием канала комплект в любом случае соединен шестью проводами, из них четыре служат для подключения дифсистемы к передающему и приемному трактам разговорного канала, а два других провода коммутируют сигнальный канал: это так называемый сигнальный провод p_{11}, через который подается управляющий плюс с комплекта *РСЛУ* на статреле, и провод p_6, по которому постоянный ток поступает с приемника сигналов управления блока *ПП* на приемное реле *К* (*РЗ*) релейного комплекта.

Комплект *РСЛУ* взаимодействует с другими устройствами канала следующим образом. Когда по каналу передаются сигналы управления и взаимодействия СУВ, контактами соответствующих реле комплекта (на рис. 7.1 они условно обозначены одной группой *р*) замыкается цепь подачи плюса батареи по сигнальному проводу p_{11} на статреле. Последнее открывается и пропускает ток частотой 3,8 кГц от генератора в передатчик блока *ПП*. В передатчике происходит модуляция, в результате которой сигнальный ток преобразуется в ток с частотой $f_н+3{,}8$. Этот ток поступает по линии на противоположный конец канала, демодулируется в приемнике блока *ПП* и воспринимается приемником сигналов управления *ПСУ*. В *ПСУ* сигнальный ток выпрямляется и поступает в комплект *РСЛУ*, где срабатывает реле *К* (исходящий комплект) или *РЗ* (входящий комплект). Эти реле, сработав, обеспечивают такую полярность на проводах комплектов, а через них и на приборах входящей и исходящей АТС, что в них устанавливается состояние в соответствии с переданными СУВ, например, занятия, набора номера, отбоя и т. д.

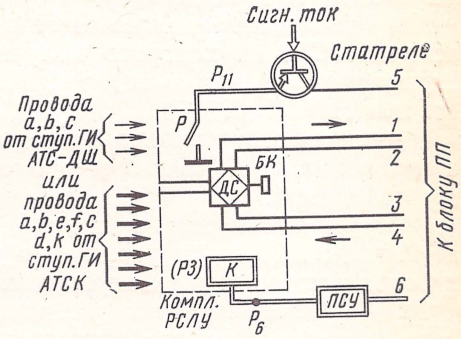


Рис. 7.1. Принцип включения комплекта *РСЛУ* в схему канала

При изучении функциональных схем комплектов рекомендуется иметь в виду следующее: 1) каждый новый этап соединения отличается от предыдущего состоянием сигнального канала, т. е. отсутствием, наличием или характером поступления сигнального тока. Так, в свободном и исправном канале сигнального тока нет. С момента занятия канала начинаются непрерывные посылки сигнального тока, которые при наборе номера становятся пульсирующими. По окончании установления соединения, после ответа вызванного абонента, эти посылки прекращаются. При подаче отбоя любым из абонентов посылки сигнального тока возобновляются до полного освобождения канала; 2) передача сигнального тока в одном направлении, например с исходящей АТС на входящую, влечет за собой его передачу в обратном направлении — со входящей АТС на исходящую. Аналогично происходит и при прекращении посылок сигнального тока.

7.2. КОМПЛЕКТЫ РСЛУ

Комплекты *РСЛУ* устанавливаются на соединительных линиях между АТС декадно-шаговых систем (АТС-47 и АТС-54). Схема исходящего комплекта приведена на рис. 7.2, а входящего — на рис. 7.3.

Исходящий комплект содержит 9 реле:

О — отбойное, срабатывает при занятии комплекта со стороны прибора АТС и удерживает в течение всего соединения, отпускает после двустороннего отбоя;

И — импульсное, принимает импульсы набора номера, которые транслируются по проводам *a* и *b* из схемы *ГИ*, и передает их посылками сигнального тока в высокочастотный канал;

С — серийное, срабатывает после первого импульса серии и удерживает до конца серии, являясь замедленным на отпускание. Своими контактами в проводах *a* и *b* отключает разделительные конденсаторы C_4, C_5 от импульсных цепей, чтобы не искажались импульсы набора номера;

К — контрольное, включается в коллекторную цепь выходного каскада *ПСУ*, из которого получает выпрямленный сигнальный ток, и работает лишь в те моменты соединения, когда по каналу передаются СУВ;

В — вспомогательное к реле *К*, срабатывает после первого срабатывания реле *К*, после чего блокируется, удерживая второй своей обмоткой;

РО — срабатывает вслед за *О* при занятии канала, обеспечивает надежный режим удержания реле *К* в процессе установления соединения и режим неудержания реле *К* во время разговора;

ОС — реле окончания установления соединения, срабатывает после ответа вызванного абонента и удерживает в течение разговора. Отпускает после двустороннего отбоя. До ответа абонента шунтирует своими контактами передающий тракт канала, предотвращая возникновение генерации в ненагруженном на линию канале;

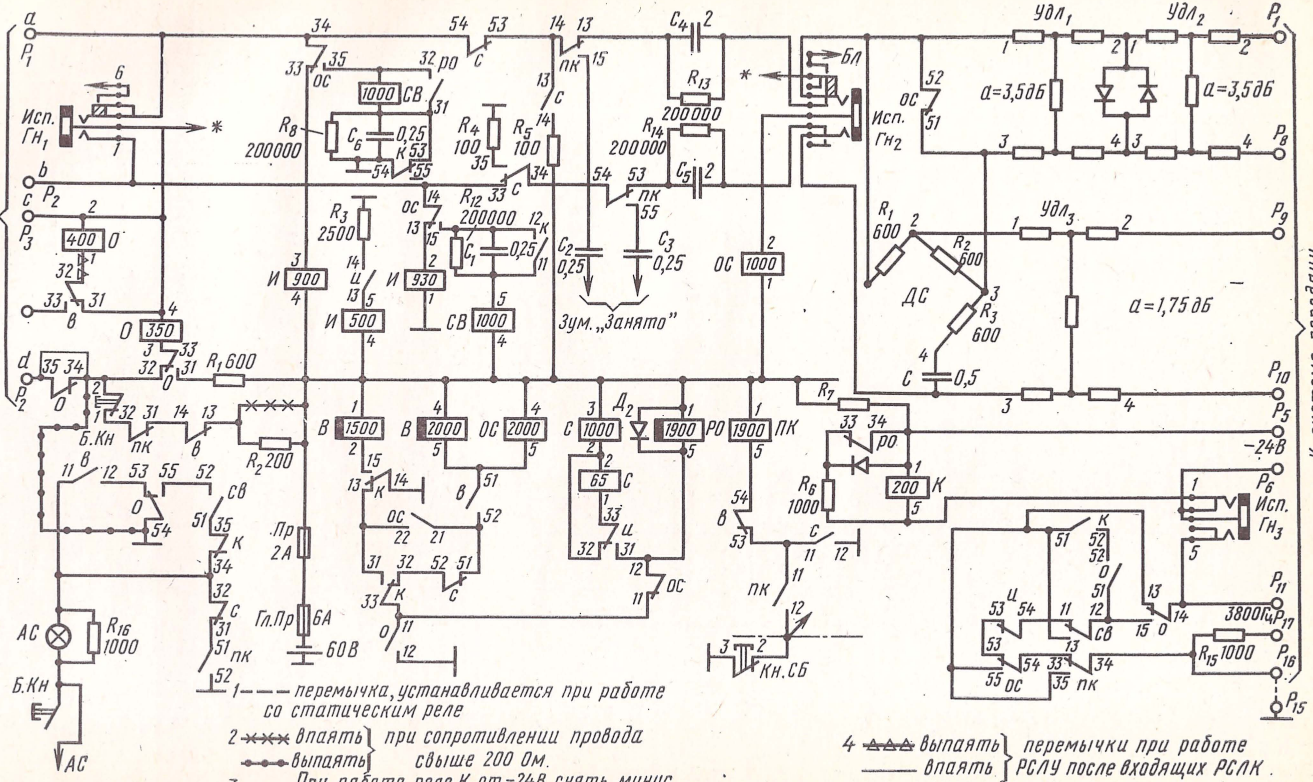
СВ — реле сигналов взаимодействия, работает при отбое;

ПК — реле повреждения канала, обеспечивает посылку зуммерного сигнала *Занято* абоненту при занятии неисправного канала и включает сигнализацию.

Входящий комплект содержит 8 реле:

РЗ — реле занятия, включается в коллекторную цепь выходного каскада *ПСУ* блока *ПП* и работает при наличии сигнального тока в канале. Принимает все сигналы взаимодействия с исходящей АТС и передает их в приборы входящей АТС;

Н — вспомогательное к реле *РЗ*, срабатывает при занятии комплекта, держит при наборе номера, во время которого оно становится замедленным на отпускание. При разговоре абонентов отпускает и вновь срабатывает при подаче отбоя любым из абонентов;


К IГИ АТС-47, АТС-54
К системе передачи
a
b
c
d
P_1
P_2
P_3
P_5
P_6
P_8
P_9
P_{10}
P_{11}
P_{15}
P_{16}
P_{17}
Исп. $ГН_1$
Исп. $ГН_2$
Исп. $ГН_3$
Бл
R_8 200000
R_4 100
R_5 100
R_3 2500
R_{12} 200000
R_{13} 200000
R_{14} 200000
C_4 2
C_5 2
C_6 0,25
C_1 0,25
C_2 0,25
C_3 0,25
Зум. „Занято"
$Удл_1$
$Удл_2$
$Удл_3$
а=3,5дб
а=3,5дб
а=1,75 дб
R_1 600
R_2 600
R_3 600
ДС
С 0,5
$R_1$600
$R_2$200
R_7
R_6 1000
R_{15} 1000
R_{16} 1000
3800Гц
О 400
О 350
И 900
И 500
И 930
СВ 1000
СВ 1000
ОС 1000
В 1500
В 2000
ОС 2000
С 1000
С 65
$Д_2$
РО 1900
ПК 1900
К 200
−24В
Пр 2А
Гл.Пр 6А
60В
АС
Б.Кн
Кн.СБ

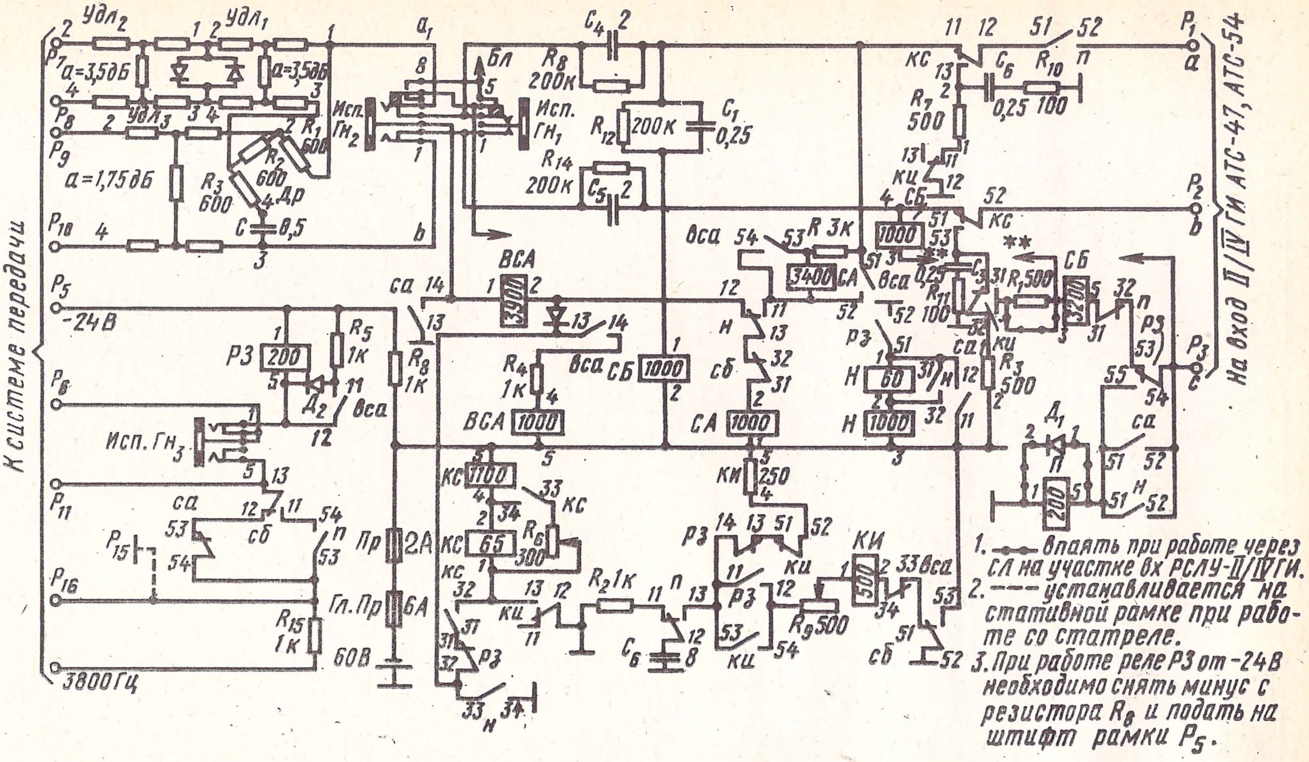
1 – – – перемычка, устанавливается при работе со статическим реле

2 ×××× впаять } при сопротивлении провода
●–●– выпаять } свыше 200 Ом.

3 При работе реле К от −24В снять минус с резистора R_7 и подать на штифт рамки P_5

4 △△△ выпаять } перемычки при работе
—— впаять } РСЛУ после входящих РСЛК.

Рис. 7.2. Исходящий комплект *РСЛУ*


К системе передачи
На вход II/IV ГИ АТС-47, АТС-54
УДЛ2
УДЛ1
УДЛ3
а=3,5дБ
а=1,75дБ
P7
P8
P9
P10
P5
-24В
P6
P11
P15
P16
3800Гц
a1
b
Исп. ГН2
Исп. ГН1
Исп. ГН3
Бл
R1 600
R2 600
R3 600
Др
С 8,5
C4 2
R8 200К
R12 200К
C1 0,25
R14 200К
C5 2
ВСА 3900
R4 1К
ВСА 1000
СБ 1000
СА 1000
СА 3400
R 3К
Н 60
Н 1000
KC 1100
KC 65
R6 300
R2 1К
C6 8
R9 500
КИ 250
КИ 500
РЗ 200
R5 1К
Д2
R8 1К
Пр 2А
Гл.Пр 6А
60В
R15 1К
KC
C6 0,25
R10 100
R7 500
КЦ
СБ
1000
C3 0,25
R11 100
R1 500
СБ 3200
R3 500
Д1
П 200
P1
a
P2
b
P3
c
са
сб
вса
н
рз
кц
кс
п
**

1. —●— впаять при работе через СЛ на участке вх РСЛУ-II/IV ГИ.
2. ---- устанавливается на стативной рамке при работе со статреле.
3. При работе реле РЗ от −24В необходимо снять минус с резистора R_8 и подать на штифт рамки P_5.

Рис. 7.3. Входящий комплект *РСЛУ*

П — пробное, срабатывает при занятии комплекта и держит до отбоя;

КИ и *КС* — импульсное и серийное реле корректора импульсов;

СА — сигнальное реле, включенное в провод *а*. Принимает из схемы *ЛИ* сигнал ответа вызванного абонента, держит в течение разговора, передает в сторону исходящей АТС сигнал отбоя вызванного абонента, когда он вешает трубку последним;

ВСА — вспомогательное к реле *СА*;

СБ — сигнальное реле, включенное в провод *b*. Принимает из схемы *ЛИ* и передает в сторону исходящей АТС сигнал отбоя вызванного абонента, когда он вешает трубку первым. Реле имеет вторую обмотку, которой оно включается в провод *с* на выходе комплекта и контролирует исправность приборов входящей АТС (находится под током, когда *II/IV ГИ* исправен).

Рассмотрим совместную работу исходящего и входящего комплектов.

Исходное состояние. Если канал системы передачи и прибор на входящей АТС исправен и последний находится в исходном состоянии, в комплекте *РСЛУИ* все реле обесточены, оборвана цепь подачи плюса батареи на провод p_{11} и сигнальный ток не передается на входящую АТС. В комплекте *РСЛУВ* под током реле *СБ*, которое получает минус батареи по проводу *с* из схемы *II/IV ГИ*. Контактом *12—13* реле *СБ* обрывается сигнальный провод p_{11}, на статреле входящей стороны канала не подается плюс, и сигнальный ток не передается на исходящую АТС.

Если на входящей АТС поврежден или снят прибор *II/IV ГИ*, то реле *СБ* отпускает, замыкается цепь подачи плюса на p_{11} и сигнальный ток передается на исходящую АТС. В комплекте *РСЛУИ* срабатывает реле *К* по цепи:

1. Минус батареи, провод p_5, обмотка *1—5* реле *К*, пружины *1—2* испытательного гнезда $Гн_3$, провод p_6, коллектор выходного транзистора ПСУ, переходы коллектор—база и база—эмиттер, плюс.

Вслед за реле *К* срабатывает реле *В* по цепи:

2. Плюс, контакт *14—15* реле *К*, обмотка *1—2* реле *В*, минус.

Реле *В* контактом *13—14* исключает возможность занятия комплекта, а контактом *11—12* замыкает цепь сигнальной лампы *АС* на стативе *РСЛУ*.

Занятие канала. Канал занимается по проводу *с* со стороны группового искателя на исходящей АТС. В комплекте *РСЛУИ* срабатывает реле *О* по цепи:

3. Плюс из схемы *ГИ*, провод с комплекта, обмотка *4—3* реле *О*, контакт *33—32* реле *О*, пружины *2—1* блокирующей кнопки *Б.Кн*, контакты *32—31* реле *ПК*, *14—13* реле *В*, резистор R_2-*200*, минус.

Реле *О*, сработав, блокируется своим контактом *33—31*, включает реле *РО* контактом *11—12*, а контактом *14—15* замыкает провод p_{11}, вследствие чего сигнальный ток передается на исходящую АТС.

В комплекте *РСЛУВ* срабатывает реле *РЗ* по цепи, аналогичной цепи *1* работы реле *К*. Контактом *54—55* реле *РЗ* создается цепь работы пробного реле:

4. Плюс, обмотка *1—5* реле *П*, контакт *55—54*, реле *РЗ*, провод *с*, минус из схемы *II/IV ГИ*.

Через контакт *51—52* реле *РЗ* срабатывает реле *Н*:

5. Плюс, контакт *52—51* реле *РЗ*, обмотки *1—2* и *2—3* реле *Н*, минус.

Реле *П*, сработав, блокируется контактом *51—52* реле *Н* и продолжает удерживать независимо от контакта реле *РЗ*. Реле *Н* контактом *31—32* шунтирует свою низкоомную обмотку, и оно становится замедленным на отпускание. Через контакт *12—13* отпустившего реле *СБ* подается плюс на провод p_{11}, и сигнальный ток передается на исходящую АТС.

В комплекте *РСЛУИ* срабатывает реле *К*, а за ним реле *В*. Контактом *14—13* реле *В* нарушается провод *с*, чем отмечается занятость комплекта. Контактом *33—34* реле *РО* отключается резистор R_6 от обмотки реле *К*, обеспечивая более надежную его работу при занятии канала.

Таким образом, при занятии канала сигнальный ток передается с исходящей АТС на входящую, т. е. в прямом направлении, и возвращается на исходящую АТС в обратном направлении. Этот процесс называется *круговой проверкой канала* и возможен только в исправном канале, включая и прибор *II/IV ГИ* на входящей АТС.

В состоянии занятия канала под током следующие реле: *О, РО, К*, *В* в исходящем комплекте и *РЗ*, *Н*, *П* во входящем комплекте.

Если канал неисправен, то круговая проверка не состоится, сигнальный ток не поступит на исходящую АТС и в комплекте *РСЛУИ* не сработают реле *К* и *В*. При поступлении очередного импульса набора номера (это может быть вторая, третья или другая цифра в зависимости от места включения системы передачи в тракт связи) срабатывает реле *И* двумя обмотками по цепям:

6. Плюс из *I ГИ*, провод *а*, контакт *34—33* реле *ОС*, обмотка *3—4* реле *И*, минус.

7. Минус из *I ГИ*, провод *b*, контакт *14—13* реле *ОС*, обмотка *2—1* реле *И*, плюс.

Контактом *33—34* реле *И* создается цепь срабатывания реле *С*:

8. Плюс, контакты *12—11* реле *О*, *11—12* реле *ОС*, *31—33* реле *И*, обмотки *1—2* и *2—3* реле *С*, минус.

Через контакты реле *С* и *В* срабатывает реле повреждения канала *ПК*:

9. Плюс, контакты *12—11* реле *С*, *53—54* реле *В*, обмотка *5—1* реле *ПК*, минус.

После окончания набора цифры реле *С* отпускает, а *ПК* продолжает удерживать якорь, так как, сработав, оно заблокировалось своим контактом *11—12*, получая плюс через кнопку **СБ**. Контактами *14—15* и *54—55* реле *ПК* замыкается цепь посылки зуммера *Занято* по проводам *a* и *b* в сторону вызывающего абонента, а контактом *51—52* создается цепь сигнальной лампы *АС*:

10. Плюс, контакты *52—51* реле *ПК*, *31—32* реле *С*, лампа *АС* (параллельно резистор R_{16}-*1000*), минус через кнопку *Б.Кн* в плате сигнализации статива.

После отбоя со стороны вызывающего абонента в *РСЛУИ* отпускает реле *О*, а реле *ПК* остается под током до устранения повреждения и нажатия кнопки *Б.Кн*.

Набор номера. При наборе номера от импульсов тока, транслируемых из *I ГИ*, в комплекте *РСЛУИ* пульсирует реле *И* по цепям *6* и *7*. После первого срабатывания реле *И* срабатывает реле *С* по цепи *8*. При каждом отпускании реле *И* шунтируется низкоомная обмотка реле *С* и оно становится замедленным на отпускание. Контактами *33—34* и *53—54* реле *С* в проводах *a* и *b* отключаются конденсаторы C_4 и C_5 от обмоток реле *И* и подключаются к резисторам R_4 и R_5, через которые они разряжаются. Этим исключаются влияние этих конденсаторов на временны́е параметры импульсного реле и его ложное подрабатывание после передачи последнего импульса. По окончании серии реле *С* обесточивается на длительное время и отпускает якорь.

При каждом срабатывании импульсного реле обрывается сигнальный провод p_{11}, а при отпускании восстанавливается, вследствие чего сигнальный ток передается на входящую АТС также в виде импульсов. В комплекте *РСЛУВ* в такт с приходящими импульсами пульсирует реле *РЗ*. При этом токовому импульсу в реле *И* соответствует бестоковый импульс в реле *РЗ*, т. е. импульсы приходят перевернутыми. Так как время импульса состоит из времени замыкания и времени размыкания цепи, длительность которых различна, то в пришедших импульсах это соотношение нарушено, а значит, изменен импульсный коэффициент (см. гл. 1). Помимо этого импульсы претерпевают искажения, проходя по линии и по различным устройствам тракта. Для восстановления импульсов в комплекте *РСЛУВ* имеется корректор импульсов, состоящий из конденсатора C_6 емкостью 8 мкФ (четыре параллельно соединенных конденсатора по 2 мкФ), двух реле *КИ* и *КС* и резисторов. Действие корректора состоит в следующем. При каждом отпускании реле *РЗ* происходит заряд конденсатора C_6 по цепи:

11. Плюс, конденсатор C_6, контакты *12—13* реле *П*, *14—13* реле *РЗ*, *51—52* реле *КИ*, сопротивление *КИ-250* (бифилярная обмотка на реле *КИ*), минус.

При последующем срабатывании реле *РЗ* конденсатор разряжается через обмотку реле *КИ* и переменное сопротивление R_9-*500*.

12. Плюс, контакты *52—51* реле *СБ*, *33—34* реле *ВСА*, обмотка реле *КИ*, R_9-*500*; контакты *12—11* реле *РЗ*, *13—12* реле *П*, конденсатор C_6, плюс.

Реле *КИ* срабатывает и подключается своим контактом *53—54* к конденсатору C_6, удерживая якорь в притянутом состоянии до тех пор, пока ток разряда конденсатора не достигнет величины тока отпускания реле *КИ*. Параметры этой цепи регулируются переменным резистором так, чтобы реле находилось под током 40—45 мс. Как только сработает реле *КИ*, создается цепь срабатывания реле *КС*:

13. Плюс, контакт *12—13* реле *КИ*, обмотки *КС-65* и *КС-1100*, минус

Реле *КС*, сработав, закорачивает своим контактом *33—34* свою низкоомную обмотку и становится замедленным на отпускание до конца серии.

Трансляция скорректированных импульсов происходит по проводам *a* и *b* через контакты пульсирующего реле *КИ* и удерживающего реле *КС* по цепям 14 и 15:

14. Плюс, контакты *12—11* реле *КИ*, R_7-*500*, контакт *13—12* реле *КС*, контакт *51—52* реле *П*, провод *a*, *II/IV ГИ* входящей АТС, минус.

15. Минус, R_3-*500*, контакты *32—31* реле *КИ*, *53—52* реле *КС*, провод *b*, *II/IV ГИ* входящей АТС, плюс.

Длительность последнего импульса серии ограничивается временем отпускания реле *КС*, которое устанавливается резистором R_6-*300* в пределах 60—70 мс.

Во время набора номера реле *П* удерживает соединение, так как переключается на контакт *51—52* реле *Н*, которое держит в течение серии (контакт *55—54* реле *РЗ* в процессе набора номера пульсирует). По окончании серии импульсов в *РСЛУИ* отпускают реле *И* и *С*, а в РСЛУВ — реле *КИ* и *КС*. До ответа вызванного абонента под током остаются реле *О*, *РО*, *К* и *В* в исходящем комплекте и *РЗ*, *Н* и *П* во входящем комплекте.

Ответ абонента. При снятии вызванным абонентом трубки в схеме *ЛИ* меняется полярность на проводах: на провод *a* подается плюс, а провод *b* изолируется. При такой полярности во входящем комплекте срабатывает реле *СА* по цепи:

16. Плюс на проводе *a*, контакты *52—51* реле *П*, *12—11* реле *КС*, *51—52* реле *ВСА*, *11—13* реле *Н*, *32—31* реле *СБ*, *СА-1000*, минус.

Контактом *53—54* реле *СА* обрывается сигнальный провод и прекращается посылка сигнального тока на исходящую АТС.

В комплекте *РСЛУИ* отпускает реле *К* и срабатывает реле *ОС* по цепи:

17. Плюс, контакты *12—11* реле *О*, *33—32* реле *К*, *52—51* реле *С*, *52—51* реле *В*, *ОС-2000*, минус.

Параллельно *ОС-2000* включена обмотка реле *В-2000*, на которую реле *В* переключается и в дальнейшем удерживает независимо от состояния реле *К*. Контактом *21—22* реле *ОС* блокируются реле *В* и *ОС*. Контактом *51—52* реле *ОС* снимает шунт с передающего тракта разговорного канала, контактами *14—15* и *34—35* переплюсовывает провода в сторону *I ГИ* (на провод *a* подается плюс, провод *b* изолируется) для приведения его схемы в разговорное состояние, контактом *11—12* обрывает цепь работы реле

РО, которое отпускает и подключает резистор *R_6-1000* параллельно реле *К*, предотвращая его подрабатывание при разговоре, а контактом *54—55* снимает плюс с сигнального провода. Прекращается посылка сигнального тока на входящую АТС.

В комплекте *РСЛУВ* отпускают реле *РЗ* и *Н*, срабатывает реле ВСА:

18. Плюс, контакт *13—14* реле *СА*, *ВСА-3900*, контакты *12—13* реле *Н*, *32—31* реле *СБ*, *СА-1000*, минус.

В этой цепи удерживает и реле *СА*, через контакт которого включается вторая обмотка реле *ВСА*:

19. Плюс, контакт *13—14* реле *СА*, *ВСА-3900*, диод, контакт *13—14* реле *ВСА*, *R_4-1000*, *ВСА-1000*, минус.

После отпускания *РЗ* и *Н* реле *П* получает минус из *II/IV ГИ* через контакт *51—52* реле *СА*.

Таким образом, во время разговора абонентов под током следующие реле: *О*, *В*, *ОС* в исходящем комплекте и *П*, *СА*, *ВСА* — во входящем.

Отбой со стороны вызывающего абонента. Если первым дает отбой вызывающий абонент, то переполюсовка проводов начинается со стороны *I ГИ*, из схемы которого подается минус на провод *а*. В исходящем комплекте срабатывает реле *СВ* по цепи:

20. Минус на проводе *а*, контакт *34—35* реле *ОС*, *СВ-1000*, контакт *53—54* реле *К*, плюс.

Контактом *12—13* реле *СВ* замыкается цепь подачи плюса на сигнальный провод, и сигнальный ток передается на входящую АТС.

В комплекте *РСЛУВ* срабатывают реле *РЗ* и *Н*. Контактами *13—11* реле *Н* и *52—51* реле *ВСА* обмотка реле *СА-1000* с минусом на конце подключается к проводу *а* в сторону *ЛИ*, передавая этим сигнал отбоя на входящую АТС. Контактом *33—34* реле *Н* блокируется реле *ВСА*.

Когда вызванный абонент, получив сигнал отбоя, повесит трубку, переплюсуются провода в *ЛИ*: провод *а* изолируется, а на проводе *b* будет минус. При такой полярности проводов в комплекте *РСЛУВ* отпустит реле *СА* и сработает реле *СБ* по цепи:

21. Плюс, *СБ-1000*, контакт *51—52* реле *КС*, провод *b*, минус.

Контактом *13—11* реле *СБ* замыкается сигнальный провод, и сигнальный ток передается в обратном направлении.

В комплекте *РСЛУИ* срабатывает реле *К*, контактом *11—12* которого подключается обмотка реле *СВ* с минусом на конце к проводу *b*, чем передается в *I ГИ* полярность, при которой прибор уходит в отбой. Снимается плюс с провода *с* и в комплекте *РСЛУИ* отпускают реле *О*, *ОС*, *СВ*. Обрывается сигнальный провод, и сигнальный ток перестает поступать на входящую АТС.

В комплекте *РСЛУВ* отпускают реле *РЗ*, *Н* и *ВСА*. Снимается плюс с провода *с* в сторону *II/IV ГИ*, и все приборы входящей АТС уходят в отбой. Отпускают реле *П* и *СБ*. После возвращения *II/IV ГИ* в исходное состояние вновь срабатывает реле *СБ*, получая минус по проводу *с*. Контактами реле *СБ* и *П* обрывается посылка сигнального тока на исходящую АТС, и в комплекте *РСЛУИ* отпускают реле *К* и *В*. Комплекты приходят в исходное состояние.

Отбой со стороны вызванного абонента. Если первым дает отбой вызванный абонент, то передача сигналов взаимодействия начинается со стороны входящей АТС. В *ЛИ* переполюсовываются провода: провод *а* изолируется, а на провод *b* подается минус. В комплекте *РСЛУВ* срабатывает реле *СБ* по цепи:

22. Минус на проводе *b*, контакт *51—52* реле *КС*, *СБ-1000*, плюс.

Контактом *31—32* реле *СБ* обрывается цепь работы реле *СА*, которое замедленно отпускает (замедление достигается тем, что вторая обмотка реле *СА* зашунтирована). Контактом *11—13* реле *СБ* замыкается сигнальный провод, и сигнальный ток передается на исходящую АТС. За время замедленного отпускания реле *СА* срабатывает реле *Н* по цепи:

23. Плюс, контакты *52—53* реле *СБ*, *11—12* реле *СА*, обмотки реле *Н-60* и *Н-1000*, минус.

Через контакт *51—52* реле *Н* продолжает удерживать реле *П* и *II/IV ГИ* по проводу *с*. Контактом *33—34* реле *Н* блокируется реле *ВСА*.

В комплекте *РСЛУИ* срабатывает реле *К*, контактами которого переполюсовываются провода в сторону *I ГИ*: провод *а* изолируется, а к проводу *b* подключается реле *СВ-1000* с минусом на конце, чем передается сигнал отбоя в *I ГИ*. В *РСЛУИ* срабатывает реле *СВ* в последовательной цепи с соответствующим реле *I ГИ*. Контактом *12—13* реле *СВ* замыкается сигнальный провод, и сигнальный ток передается на входящую АТС.

В комплекте *РСЛУВ* срабатывает реле *РЗ* и продолжает удерживать реле *Н*. Вызывающий абонент получает из схемы *ЛИ* зуммерный сигнал *Занято* и вешает трубку. Приборы исходящей АТС уходят в отбой, в комплекте *РСЛУИ* отпускают реле *О*, *ОС*, *СВ*, обрывается сигнальный провод.

В комплекте *РСЛУВ* отпустят реле *РЗ*, *Н* и *ВСА*. Снимается плюс с провода *с* в сторону *II/IV ГИ*, и все приборы входящей АТС уходят в отбой. Отпускают реле *П* и *СБ*. Когда прибор *II/IV ГИ* вернется в исходное состояние, вновь сработает реле *СБ* по проводу *с*, прекратится посылка сигнального тока на исходящую АТС. В комплекте *РСЛУИ* отпустят реле *К* и *В*, и оба комплекта придут в исходное состояние.

7.3. КОМПЛЕКТЫ РСЛУМ

Комплекты *РСЛУМ* устанавливаются на соединительных линиях между РАТС и МТС. Схемы исходящего и входящего комплектов приведены соответственно на рис. 7.4 и 7.5.

Исходящий комплект содержит 9 реле:

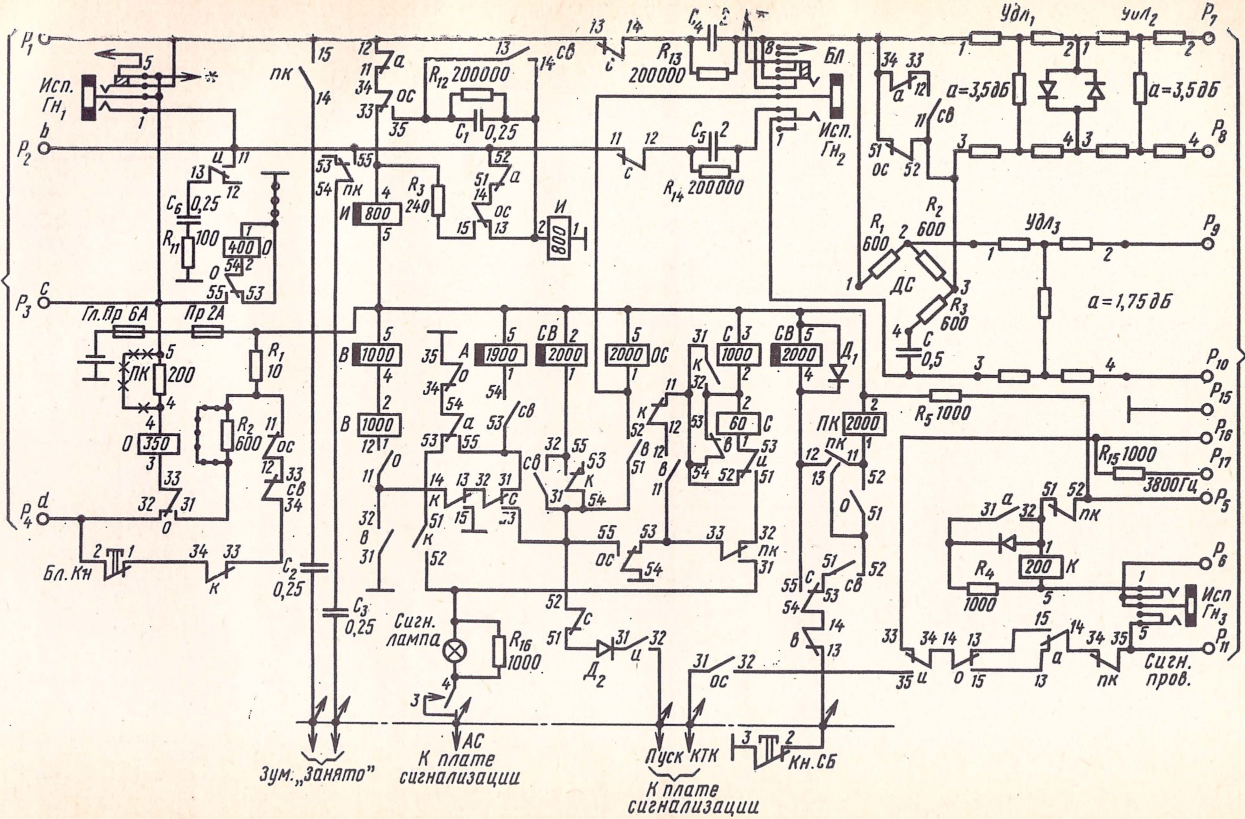

К ГИМ АТС-47, АТС-54
К системе передачи
P_1 a
P_2 b
P_3 c
P_4 d
Исп. $Гн_1$
Исп. $Гн_2$
Исп $Гн_3$
БЛ
C_4 2
R_{13} 200000
R_{12} 200000
C_1 0,25
C_5 2
R_{14} 200000
C_6 0,25
R_{11} 100
R_3 240
И 800
И 800
$Удл_1$
$Удл_2$
$Удл_3$
a=3,5 дб
a=3,5 дб
a=1,75 дб
P_7
P_8
P_9
P_{10}
P_{15}
P_{16}
P_{17}
P_5
P_6
P_{11}
R_1 600
R_2 600
R_3 600
ДС
С 0,5
R_5 1000
R_{15} 1000
3800 Гц
Гл.Пр 6А
Пр 2А
ЛК 200
R_1 10
R_2 600
О 350
В 1000
В 1000
1900
СВ 2000
2000 ОС
С 1000
60 С
СВ 2000
$Д_1$
ПК 2000
К 200
R_4 1000
Бл.Кн
C_2 0,25
C_3 0,25
Сигн. лампа
R_{16} 1000
$Д_2$
Сигн. пров.
Зум.: „Занято"
АС
К плате сигнализации
Пуск
КТК
К плате сигнализации
Кн.СБ

Рис. 7.4. Исходящий комплект *РСЛУМ*

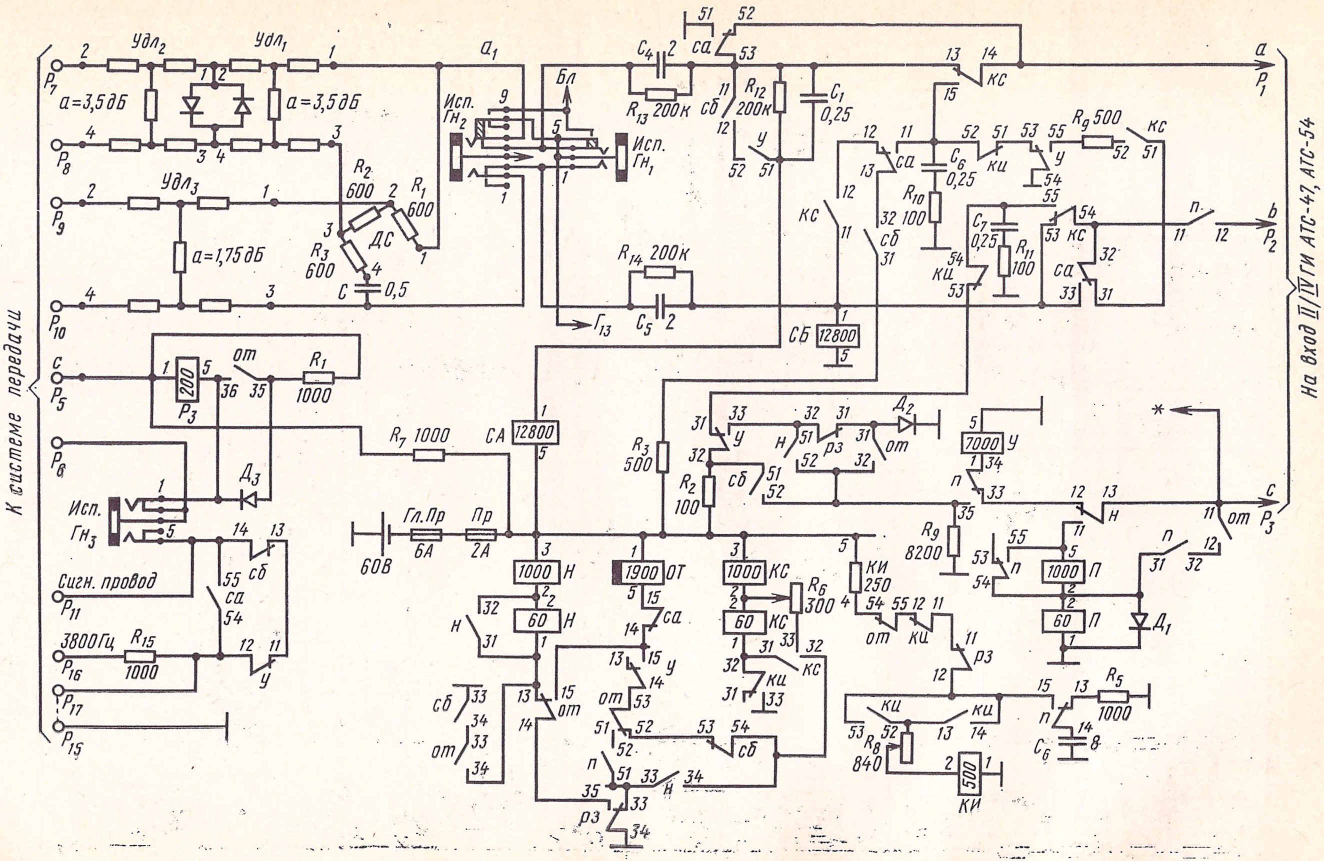

К системе передачи
На вход II/IV ГИ АТС-47, АТС-54
Удл₂
Удл₁
Удл₃
a=3,5дБ
a=3,5дБ
a=1,75дБ
P₇
P₈
P₉
P₁₀
P₅
P₆
P₁₁
P₁₆
P₁₇
P₁₅
c
a₁
R₂ 600
R₁ 600
R₃ 600
ДС
C 0,5
Исп. Гн₂
Исп. Гн₁
Бл
Г₁₃
C₄ 2
R₁₃ 200к
R₁₂ 200к
C₁ 0,25
R₁₄ 200к
C₅ 2
са
сб
у
кс
кц
C₆ 0,25
R₁₀ 100
C₇ 0,25
R₁₁ 100
R₉ 500
п
a
P₁
b
P₂
c
P₃
СБ 12800
Р₃ 200
от
R₁ 1000
R₇ 1000
СА 12800
Д₃
Исп. Гн₃
Сигн. провод
3800Гц
R₁₅ 1000
60В
Гл.Пр 6А
Пр 2А
1000 Н
60 Н
1900 ОТ
1000 КС
60 КС
R₆ 300
R₃ 500
R₂ 100
Д₂
рз
н
7000 У
R₉ 8200
1000 П
60 П
Д₁
КИ 250
R₅ 1000
С₆ 8
R₈ 840
500 КИ
*

Рис. 7.5. Входящий комплект *РСЛУМ*

О — отбойное, срабатывает при занятии комплекта со стороны прибора *ГИМ* на МТС, удерживает в течение разговора и отпускает после отбоя со стороны телефонистки МТС;

И — импульсное, принимает импульсы набора номера, посылки вызова, принудительного разъединения (сбрасывания) из схемы *ГИМ* и передает их током сигнальной частоты в канал;

К — контрольное, принимает сигнал контроля при круговой проверке канала, сигналы установления соединения по окончании набора номера, сигналы ответа и отбоя со стороны вызванного абонента;

В — вспомогательное, работает при занятии комплекта после получения сигнала контроля и отпускает после отбоя со стороны МТС;

С — серийное. Срабатывает после первого импульса набора номера и держит в течение всей серии, отключает своими контактами разделительные конденсаторы от импульсных цепей. Кратковременно работает при установлении соединения, создавая цепь работы реле *ОС*;

ОС — реле окончания установления соединения, срабатывает после установления соединения к вызываемому абоненту;

СВ — реле сигналов взаимодействия, срабатывает по окончании установления соединения в случае, если вызываемый абонент свободен.

А — ответное, срабатывает при ответе вызываемого абонента и держит до его отбоя;

ПК — реле повреждения канала, срабатывает после набора телефонисткой МТС первой цифры номера в случае, если канал неисправен.

Входящий комплект также содержит 9 реле:

РЗ — реле занятия, работает, получая сигналы из *ПСУ*, принимает импульсы набора номера, посылки вызова, сбрасывания и отбоя;

Н — вспомогательное к *РЗ*, подготавливает цепь работы *КИ*;

КИ — импульсное реле корректора импульсов;

КС — серийное реле корректора импульсов, срабатывает после первого импульса в реле *КИ* и держит в течение всей серии импульсов;

П — пробное, срабатывает при занятии комплекта и держит до отбоя со стороны МТС;

СБ — сигнальное реле провода *b*, принимает по проводу *b* сигналы: окончания установления соединения, *Абонент занят*, *Абонент свободен*, ответа и отбоя абонента — и передает их в ВЧ канал;

У — удерживающее, работает в исходном состоянии комплекта, получая минус из схемы *ГИМ* по проводу *c*;

СА — сигнальное реле провода *a*, принимает по проводу *a* сигнал окончания установления соединения, если абонент свободен, а также сигналы ответа и отбоя со стороны абонента;

ОТ — ответное, срабатывает при ответе вызываемого абонента, держит в течение всего разговора и отпускает при отбое с любой стороны.

Совместная работа комплектов происходит следующим образом.

Исходное состояние. Ток сигнальной частоты в канале отсутствует. Когда ВЧ канал свободен и прибор АТС, к которому подключен входящий комплект, исправен и находится в исходном положении, в комплекте *ИРСЛУМ* ни одно реле не работает, а в комплекте *ВРСЛУМ* работает реле *У*, получая минус из схемы *II/IV ГИ* по проводу *с*:

1. Плюс, обмотка 5—1 реле *У*, контакты *34—33* реле *П*, *12—13* реле *Н*, провод *с* комплекта, провод *с* во *II/IV ГИ*, минус.

Контактом *11—12* реле *У* обрывается сигнальный провод p_{11}, сигнальный ток не поступает на исходящую АТС, и в комплекте *ИРСЛУМ* не работает реле *К*. Через его спокойный контакт *33—34* подготавливается цепь занятия исходящего комплекта.

Если на входящей АТС повреждена соединительная линия (ВЧ канал), неисправен или остался без отбоя *II/IV ГИ*, то реле *У* в комплекте *ВРСЛУМ* не работает. Контактом *11—12* реле *У* замыкается сигнальный провод, и сигнальный ток передается на исходящую АТС.

В комплекте *ИРСЛУМ* срабатывает реле *К* и контактом *34—33* блокирует канал от его занятия, а контактом *51—52* замыкает цепь сигнальной лампы *АС*.

Занятие комплектов. Исходящий комплект и ВЧ канал занимаются по проводу *с* со стороны *ГИМ*. В комплекте *ИРСЛУМ* срабатывает отбойное реле *О*, которое контактами *31—33* и *54—55* блокируется, а контактом *14—15* замыкает цепь посылки сигнального тока на входящую АТС.

В комплекте *ВРСЛУМ* срабатывает реле *РЗ* и через его контакт *34—35* — реле *Н*. Контактом *12—13* реле *Н* нарушается цепь удержания реле *У*, которое в исходном состоянии находилось под током и своим рабочим контактом обрывало сигнальный провод p_{11}, вследствие чего сигнальный ток на исходящую АТС не передавался. Через контакт *11—13* реле *Н* создается цепь работы пробного реле *П*:

2. Плюс, *П-60*, *П-1000*, контакт *11—13* реле *Н*, провод *с*, минус в схеме *II/IV ГИ*.

Контактом *11—12* реле *У* замыкается сигнальный провод, сигнальный ток передается на исходящую АТС, и в комплекте *ИРСЛУМ* срабатывают реле *К* и *В*.

Таким образом, состояние занятия характеризуется работой следующих реле: *О*, *К*, *В* в комплекте *ИРСЛУМ* и *РЗ*, *Н*, *П* в комплекте *ВРСЛУМ*.

Набор номера. В исходящем комплекте пульсирует реле *И* и удерживает в течение всей серии реле *С*, становясь замедленным на отпускание вследствие закорачивания своей 60-омной обмотки. При каждом срабатывании реле *И* в исходящем комплекте отпускает реле *РЗ* во входящем комплекте, вследствие чего пришедшие импульсы тока оказываются перевернутыми и искаженными. Коррекция импульсов и их дальнейшая передача в приборы входящей АТС происходят аналогично тому, как это описано для комплектов *ИРСЛУ* и *ВРСЛУ*.

По окончании установления соединения возможны три случая: 1) вызываемый абонент свободен; 2) занят местным соединением; 3) занят междугородным соединением.

Вызываемый абонент свободен. В линейном искателе междугородных линий *ЛИМ* в этом случае к проводу *a* подключается плюс батареи, а к проводу *b* — минус. При такой полярности на проводах входящей АТС в комплекте *ВРСЛУМ* срабатывают последовательно реле *СБ*, *У*, *СА*:

3. Минус из схемы *ЛИМ*, провод *b*, контакты *12—11* реле *П*, *54—53* реле *КС*, *СБ-12 800*, плюс.

4. Плюс, *У-7000*, контакты *34—35* реле *П*, *52—51* реле *СБ*, R_2*-100*, минус.

5. Плюс из схемы *ЛИМ*, провод *a*, контакты *52—53* реле *СА*, *11—12* реле *СБ*, *52—51* реле *У*, *СА-12 800*, минус.

До срабатывания реле *СА* контактами *13—14* реле *СБ* и *11—12* реле *У* на короткое время обрывается сигнальный провод и прекращается посылка сигнального тока на исходящую АТС.

В комплекте *ИРСЛУМ* отпускает реле *К*, замыкается цепь через обмотку реле *С*, которое, сработав, создает цепь питания реле *ОС*:

6. Плюс, контакты *54—53* реле *ОС*, *11—12* реле *В*, *12—11* реле *К*, *52—53* реле *И*, *С-60*, *С-1000*, минус.

7. Плюс, контакты *31—32* реле *В*, *14—13* реле *К*, *32—33* реле *С*, *51—52* реле *В*, *ОС-2000*, минус.

После срабатывания реле *ОС* блокируется через свой контакт *54—55*, а контактом *53—54* обрывает цепь *6*, в которой отпускает реле *С*.

К этому моменту в комплекте *ВРСЛУМ* срабатывает реле *СА* и контактом *54—55* замыкает сигнальный провод, в результате чего сигнальный ток передается по ВЧ каналу на исходящую АТС. В комплекте *ИРСЛУМ* срабатывает реле *СВ* по цепи:

8. Плюс, контакты *54—55* реле *ОС*, *54—55* реле *К*, *СВ-2000*, (обмотка *1—2*), минус.

В результате одновременной работы реле *ОС* и *СВ* в *ИРСЛУМ* меняется полярность на абонентских проводах: к проводу *a* подключается плюс, к проводу *b* — минус.

9. Плюс, *И-800* (обмотка *1—2*), контакты *14—13* реле *СВ*, *35—34* реле *ОС*, *11—12* реле *А*, провод *a*, приборы МТС.

10. Минус, *И-800*, R_3*-240*, контакты *15—14* реле *ОС*, *51—52* реле *А*, провод *b*, приборы МТС (реле *И* в этих цепях не работает вследствие большого сопротивления последующих элементов схемы).

При такой полярности проводов *a* и *b* на междугородном коммутаторе загорается отбойная лампа шнура — сигнал о том, что абонент свободен. Так как сигнал вызова абонент может получить только из схемы *ЛИМ*, то дальнейшая работа коммутационных приборов сводится к тому, чтобы создать в его схеме определенную полярность на проводах, в частности минус на проводе *b*, т. е. привести его в состояние посылки вызова абоненту. Это происходит следующим образом. Нажатием ключа вызова телефонистка МТС подключает минус к проводу *a* в сторону комплекта *ИРСЛУМ*, где срабатывает реле *И* обмоткой, включенной в провод *a*. Через контакт *31—32* реле *И* срабатывает имеющееся для этой цели реле *П* в плате сигнализации статива *РСЛУ-РСЛУМ:*

11. Плюс, контакты *54—55* реле *ОС*, *52—51* реле *С*, диод *Д*$_2$, *31—32* реле *И*, провод *Пуск*, реле *П* в плате сигнализации, минус.

В результате работы реле *П* обеспечивается подача пульсирующего плюса из платы сигнализации в комплект *ИРСЛУМ* на сигнальный провод через контакт *31—32* реле *ОС*.

В комплекте *ВРСЛУМ* пульсируют *КИ* и реле *РЗ*, держат реле *Н* и *КС* так же, как и при наборе номера. Через контакт *14—15* реле *КС* транслируется минус по проводу *a* в схему *ЛИМ*:

12. Минус, *R*$_3$*-500*, контакты *31—32* реле *СБ*, *13—11* реле *СА*, *15—14* реле *КС*, провод *a*, приборы входящей АТС.

При ответе абонента в схеме *ЛИМ* переполюсовываются провода *a* и *b*, в результате чего отпускает реле *СБ* в комплекте *ВРСЛУМ*. Контактом *11—12* реле *СБ* обрывается цепь удержания реле *СА*, которое также отпускает. Снимается плюс с сигнального провода, и прекращается посылка сигнального тока на исходящую АТС.

В комплекте *ИРСЛУМ* отпускает реле *К* и срабатывает реле *А* по цепи:

13. Плюс, контакты *31—32* реле *В*, *14—13* реле *К*, *32—31* реле *С*, *53—54* реле *СВ*, *А-1900*, минус.

Размыканием контактов *11—12* и *51—52* в проводах *a* и *b* снимается полярность в сторону МТС, и на коммутаторе гаснет отбойная лампа, что является сигналом ответа абонента. Контактами *33—34* реле *А* снимает шунт с передающего разговорного тракта, а *13—14* обрывает сигнальный провод.

В комплекте *ВРСЛУМ* отпускают реле *РЗ* и *Н*. За время замедленного отпускания реле *Н* срабатывает реле *ОТ*:

14. Плюс, контакты *34—33* реле *РЗ*, *33—34* реле *Н*, *54—53* реле *СБ*, *52—53* реле *ОТ*, *14—15* реле *У*, *14—15* реле *СА*, *ОТ-1900*, минус.

Сработав, реле *ОТ* блокируется своим контактом *51—52*. Реле *У* и *П* продолжают удерживать соответственно по цепям:

15. Плюс, *У-7000*, контакты *34—35* реле *П*, *32—31* реле *ОТ*, *31—32* реле *РЗ*, *33—32* реле *У*, *R*$_2$*-100*, минус.

16. Плюс, *П-60*, контакты *31—32* реле *П*, *12—11* реле *ОТ*, провод *с*, приборы входящей АТС.

Таким образом, разговорное состояние комплектов характеризуется работой следующих реле: *О, А, В, ОС, СВ* в комплекте *ИРСЛУМ* и *У, ОТ, П* в комплекте *ВРСЛУМ*.

Вызываемый абонент занят местным соединением. В этом случае во входящем комплекте срабатывают реле *СБ* и *У*, а реле *СА* не работает, так как к проводу *а* не подключается плюс батареи со стороны *ЛИМ*. Контактами *13—14* реле *СБ* и *11—12* реле *У* обрывается сигнальный провод и прекращается посылка сигнального тока на исходящую АТС.

В *ИРСЛУМ* отпускает реле *К* и срабатывают реле *С* и *ОС*. Затем *ОС* блокируется, а *С* отпускает. В отличие от случая, когда абонент свободен, здесь не сработает реле *СВ*, поэтому провод *а* остается изолированным в сторону МТС. К проводу *b* подключается минус, и на коммутаторе мигает отбойная лампа шнура — сигнал занятости абонента местным соединением. Телефонистка, подключившись к линии разговаривающих абонентов, предупреждает одного из них о поступлении междугородного вызова и в случае его согласия производит «сбрасывание», т. е. разъединение разговорного тракта. В этом случае нажатием кнопки на коммутаторе подключается плюс к проводу *b* и в комплекте *ИРСЛУМ* работает реле *И*, контактом которого включается пульс-реле *П* в схеме сигнализации статива. Дальнейшая работа приборов происходит аналогично тому, как описано в предыдущем пункте, за исключением того, что схема *ЛИМ* перестраивается таким образом, чтобы освободить вызываемого абонента от местного соединения и удержать его для предстоящего междугородного соединения. Если абонент даже положит микротелефон, он не может вызвать АТС или быть вызванным со стороны другого абонента АТС.

Абонент занят междугородным соединением. В этом случае из схемы *ЛИМ*, как и в случае местной занятости, к проводу *b* подключается минус, а провод *а* изолируется. Дополнительно из *ЛИМ* поступает сигнал *Занято*. Этот сигнал с одновременным миганием сигнальной лампы на коммутаторе свидетельствует о занятости абонента междугородным разговором, который не может быть прерван, телефонистка дает отбой.

Отбой. Отбой в комплектах начинается со стороны приборов МТС. После того как телефонистка вынет штепсель из гнезда, освобождается *I ГИМ* и в комплекте *ИРСЛУМ* отпускают реле *О*, *В*, *ОС* и *СВ*, обрывается сигнальный провод и в комплекте *ВРСЛУМ* отпускают реле *РЗ*, *Н* и *П*. Включение параллельно обмотке реле *П* диода $Д_1$ создает такое замедленное его отпускание, что реле *У* не может подключиться к проводу *с* прибора входящей АТС до того момента, когда этот прибор вернется в исходное положение. Когда подключится и сработает реле *У*, его контакт *11—12* оборвет сигнальный провод, прекратится посылка сигнального тока на исходящую АТС и в комплекте *ИРСЛУМ* отпустит реле *К*, подготовив комплект к новому занятию.

7.4. ПЛАТА СИГНАЛИЗАЦИИ СТАТИВА РСЛУ-РСЛУМ

Назначение реле. Плата сигнализации (рис. 7.6) содержит следующие реле:

АС — сигнальное, работает при неисправности ВЧ канала, неисправности группового искателя на входящей АТС, при задержке отбоя со стороны вызывающего абонента;

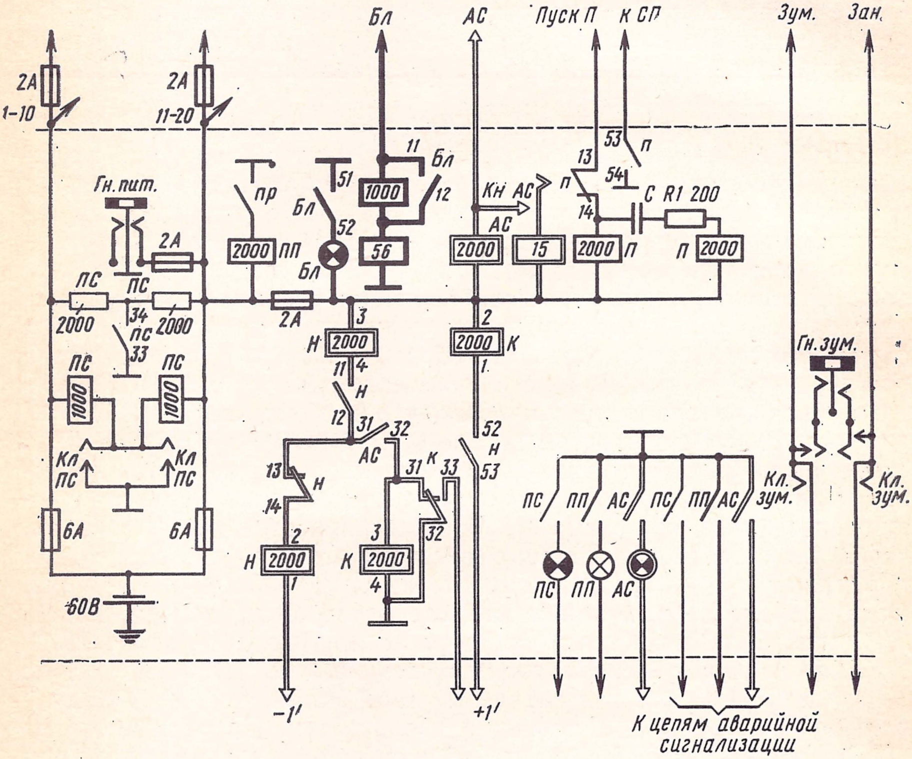

Бл
АС
Пуск П
к СП
Зум.
Зан.
2А
1-10
2А
11-20
Гн.пит.
2А
ПС
ПС
2000
34
ПС
2000
33
ПС
1000
ПС
1000
Кл ПС
Кл ПС
6А
6А
60В
пр
2000 ПП
51
Бл
52
Бл
11
Бл
1000
12
56
2А
3
Н 2000
11 4
Н
12
31
32
АС
13
Н
14
2
Н 2000
1
31
К
33
32
3
К 2000
4
−1′
Кн АС
АС
2000
15
2
2000 К
1
52
Н
53
+1′
53
П
13
П
54
14
С R1 200
2000 П
П 2000
Гн.зум.
Кл. зум.
Кл. зум.
ПС
ПП
АС
ПС
ПП
АС
ПС
ПП
АС
К цепям аварийной сигнализации

Рис. 7.6. Плата сигнализации статива *РСЛУ-РСЛУМ*

ПС — сигнальное, работает при перегорании стативного предохранителя;

ПП — сигнальное, работает при перегорании индивидуального предохранителя (предохранителя прибора);

Н и *К* — реле выдержки времени, срабатывают в начале и в конце промежутка времени, необходимого для появления на стативе сигнала о повреждении;

П — пульс-реле, посылает по ВЧ каналу импульсы тока для передачи сигналов взаимодействия на входящую АТС.

БЛ — реле блокировки комплекта, срабатывает при вставлении штепселя в испытательное гнездо *Гн*$_1$ исходящего комплекта.

Сигнализация перегорания предохранителей. При перегорании стативного предохранителя срабатывает реле *ПС*. На стативе

РСЛУ-РСЛУМ устанавливаются два предохранителя на 6 А, через каждый из которых получает питание — 60 В половина комплектов статива. Эти предохранители называются *стативными.* При перегорании этого предохранителя остается без питания половина комплектов, а для работы реле *ПС* создается цепь через исправный предохранитель:

1. Плюс из комплектов, например, *1—10*, две последовательно включенные через пружины ключа *Кл ПС* обмотки реле *ПС-1000*, предохранитель на 6А, расположенный справа, минус.

Сработав, реле *ПС* блокируется своим контактом *33—34*, получая плюс независимо от состояния комплектов, где короткое замыкание, от которого сгорел предохранитель, могло быть кратковременным.

2. Плюс, контакт *33—34* реле *ПС*, сопротивление *ПС-2000*, обмотки реле *ПС*, исправный предохранитель, минус.

Контактами реле *ПС* замыкаются цепи сигнализации на стативе (лампа *ПС*) и другой аварийной сигнализации.

При перегорании индивидуального предохранителя, имеющегося в каждом комплекте и рассчитанного на 2 А, его сигнальным контактом *Пр* замыкается цепь работы реле *ПП*, в результате чего включаются лампа *ПП* на стативе и другая аварийная сигнализация.

Сигнализация неисправности ВЧ канала или прибора II/IV ГИ на входящей АТС. При неисправности ВЧ канала в прямом или обратном направлении, отсутствии на месте или неисправности *II/IV ГИ* на встречной АТС сигнальный ток не передается на исходящую АТС и в комплекте *ИРСЛУ (ИРСЛУМ)* появляется плюс на проводе *АС*. На плате сигнализации срабатывает реле *АС* по цепи:

3. Плюс по проводу *АС* из исходящего комплекта, провод *АС* на плате сигнализации, реле *АС-2000*, минус.

Контактом *31—32* реле *АС* включается рабочая обмотка реле *Н* (начала выдержки времени), которое сработает, как только из СВУ поступит периодический минус через одноминутный прерыватель:

4. Плюс, контакты *32—31* реле *К*, *32—31* реле *АС*, *13—14* реле *Н*, обмотка *2—1* реле *Н*, минус через прерыватель из СВУ.

Реле *Н*, сработав, переключается на свою удерживающую обмотку контактом *11—12*, а контактом *53—52* подключает рабочую обмотку реле *К* к проводу *+1'*, через который поступает периодический плюс из СВУ. Реле сработает в конце двухминутной выдержки, как только поступит плюс.

5. Плюс по проводу *+1'*, контакт *53—52* реле *Н*, обмотка *1—2* реле *К*, минус.

Реле *К* контактом *32—31* снимает шунт со своей удерживающей обмотки, которая также включается, а другими контактами включает лампу *АС* на стативе и другую аварийную сигнализацию. Для выявления неисправного канала надо нажать кнопку

АС на стативе. Контактами кнопки параллельно обмотке *АС-2000* включается низкоомная обмотка *АС-15* и загорается индивидуальная лампа комплекта.

Выдержка времени предусмотрена для того, чтобы не сработала сигнализация при попадании случайного кратковременного плюса на провод *АС*.

Лампа *АС* горит на стативе исходящих комплектов и в том случае, если сгорел индивидуальный предохранитель на входящей стороне канала. Тогда при занятии исходящего комплекта сигнальный ток передается на входящую АТС по ВЧ каналу, но не поступает обратно. После первого импульса набора номера появляется плюс на проводе *АС* в исходящем комплекте и дальнейшая работа платы происходит аналогично описанному.

Посылка импульсов тока при междугородном соединении. При рассмотрении работы комплектов *РСЛУМ* указывалось, что при посылке сигнала «сбрасывания» или вызова телефонисткой МТС появляется полярность на проводе *a* или *b* комплекта *ИРСЛУМ*, в результате которой срабатывает реле *И* в комплекте, а затем реле *П* на плате сигнализации.

Реле *П* работает в режиме самопрерывания, который обеспечивается контактом *13—14* реле *П* на размыкание. В результате размыкания и замыкания этого контакта реле пульсирует, и через его контакт *53—54* подается пульсирующий плюс с платы сигнализации на сигнальный провод исходящего комплекта. На входящую АТС передаются импульсы постоянного тока так же, как и при наборе номера, а следовательно, и плюс по проводу *b* в сторону прибора *ЛИМ*, схема которого перестраивается соответствующим образом.

7.5. КОМПЛЕКТЫ РСЛУК

Комплекты *РСЛУК* предназначены для согласования оборудования АТСК с системой передачи. Схемы исходящего и входящего комплектов приведены на рис. 7.7 и 7.8. Вход исходящего комплекта соединяется с полем *ГИ* при связи АТСК с АТСК или с подключающим комплектом при связи АТСК с АТС ДШ, а выход комплекта соединен с системой передачи. В поле *ГИ* комплект включается семью проводами следующего назначения: *a, b, e, f* — разговорные; *d* — провод занятия; *c* — провод отметки выключения дифсистемы; *k* — пробный провод. С системой передачи комплект соединен шестью проводами; из них четыре коммутируют разговорный канал, а два — сигнальный. Входящий комплект соединен с системой передачи аналогичным образом, а к вертикали *ГИ* подключается непосредственно при связи двух АТСК либо через подключающий комплект.

Исходящий комплект содержит 10 реле:

О — отбойное, срабатывает при занятии комплекта и удерживает до разъединения;

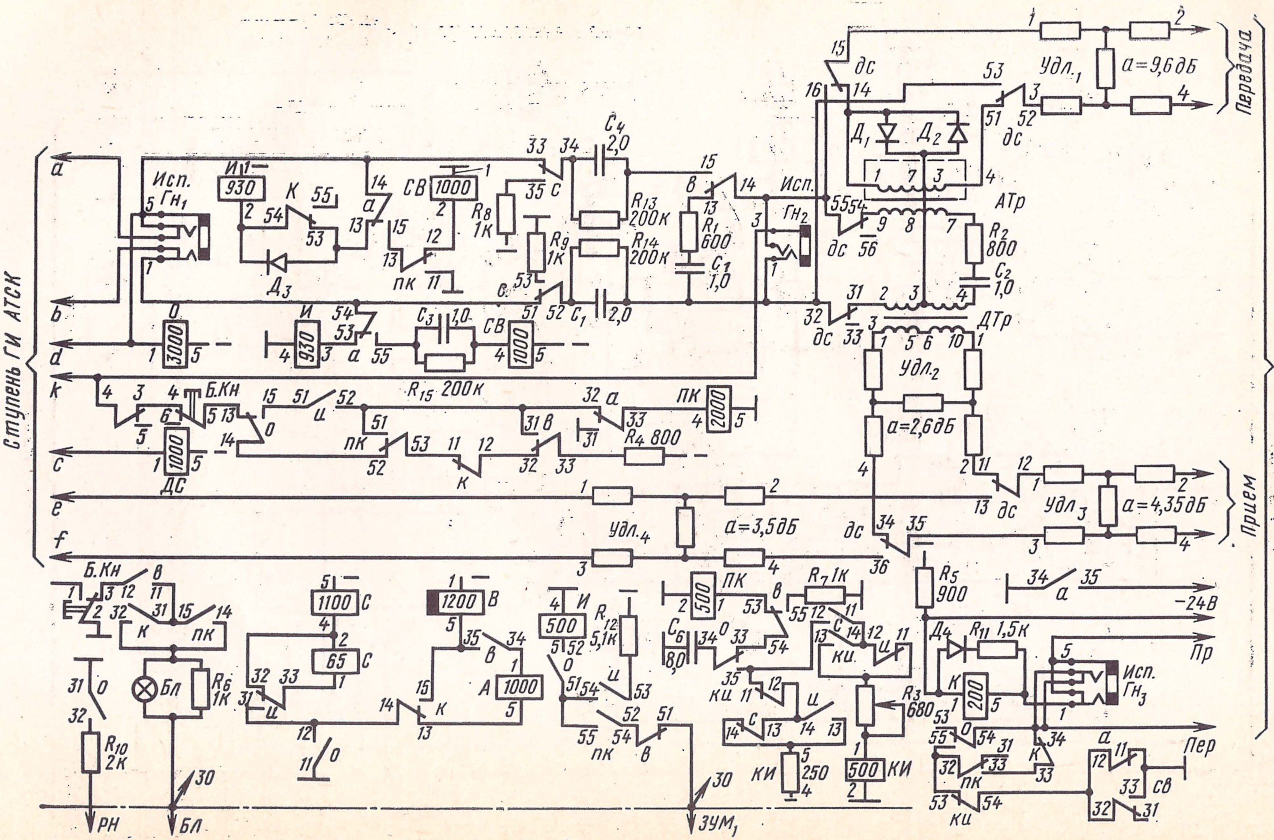

Ступень ГИ АТСК
a
b
d
k
c
e
f
Исп. Гн1
Исп. Гн2
Исп. Гн3
И 930
К
Д3
СВ 1000
пк
R8 1К
R9 1К
C4 2,0
C1 2,0
C3 1,0
R13 200К
R14 200К
R1 600
C1 1,0
R15 200к
О 3000
И 930
СВ 1000
Б.Кн
ДС 1000
ПК 2000
R4 800
Удл.1 a=9,6дБ
Передача
Д1
Д2
АТр
R2 800
C2 1,0
ДТр
дс
Удл.2 a=2,6дБ
Удл.3 a=4,35дБ
Прием
Удл.4 a=3,5дБ
В систему передачи
R5 900
−24В
Пр
Пер
Д4
R11 1,5К
К 200
С 1100
С 65
В 1200
А 1000
И 500
R12 5,1К
ПК 500
C6 8,0
R7 1К
R3 680
КИ 250
КИ 500
Бл
R6 1К
R10 2К
РН
Бл
ЗУМ1
30

Рис. 7.7. Исходящий комплект *РСЛУК*

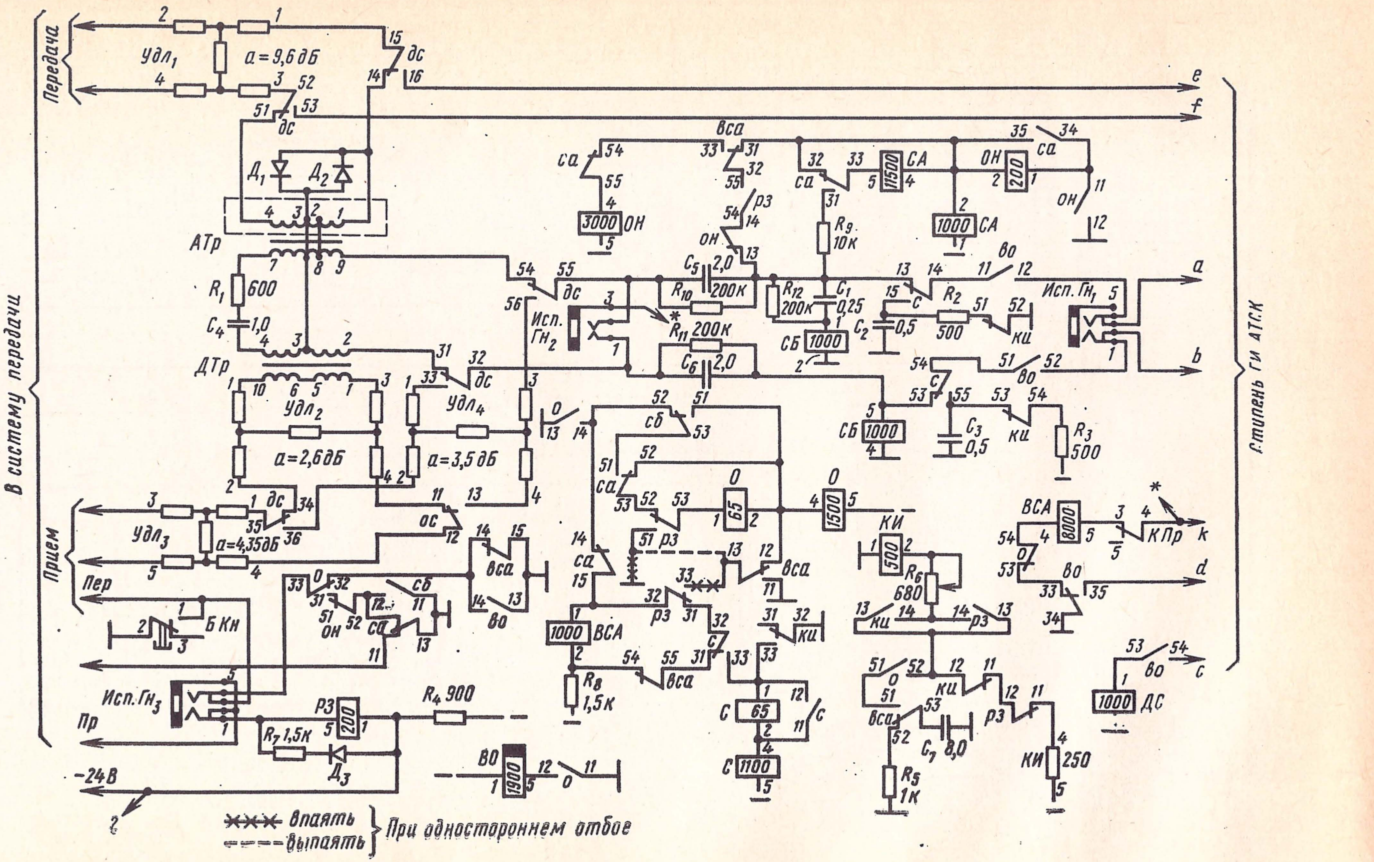

Передача
Удл1
a = 9,6 дБ
дс
e
f
Д1
Д2
АТр
R1 600
C4 1,0
ДТр
Удл2
a = 2,6 дБ
Удл4
a = 3,5 дБ
В систему передачи
Прием
Удл3
a=4,35дБ
Пер
Б Кн
Исп. Гн3
Пр
-24В
R7 1,5К
Д3
РЗ 200
R4 900
ВО 1900
вса
са
3000 ОН
рз
он
C5 2,0
R10 200К
R11 200К
C6 2,0
Исп. Гн2
R12 200К
R9 10К
C1 0,25
СБ 1000
11500 СА
ОН 200
1000 СА
C2 0,5
R2 500
кц
Исп. Гн1
a
b
Ступень ГИ АТСК
СБ 1000
C3 0,5
R3 500
1000 ВСА
R8 1,5К
О 65
О 1500
КИ 500
R6 680
ВСА 8000
КПр
k
d
C 65
C 1100
C7 8,0
R5 1К
КИ 250
ДС 1000
c
впаять
выпаять
При одностороннем отбое

Рис. 7.8. Входящий комплект *РСЛУК*

И — импульсное, принимает импульсы набора номера по проводам *a* и *b*;

С — серийное, срабатывает после первого импульса и держит до конца серии, отключает конденсаторы от импульсных цепей;

КИ — реле корректора импульсов, корректирует импульсы набора номера и передает их посылками сигнального тока в ВЧ канал;

К — контрольное, работает при поступлении сигнального тока со входящей АТС;

В — вспомогательное к реле *К*, работает при получении сигнального тока со входящей АТС. Держит до отбоя со стороны вызывающего абонента;

А — ответное, срабатывает после ответа и отпускает после отбоя со стороны вызываемого абонента, обеспечивает переполюсовку проводов *a*, *b* для передачи сигналов взаимодействия;

ПК — реле блокировки комплекта в случае повреждения канала, срабатывает также при занятии исправного канала и удерживает до ответа вызываемого абонента;

СВ — реле сигналов взаимодействия, принимает сигнал отбоя со стороны вызывающего абонента и передает его по сигнальному каналу на входящую АТС;

ДС — реле отключения дифсистемы, срабатывает при установлении транзитного соединения через канал системы передачи.

Входящий комплект *РСЛУК* содержит 10 реле:

РЗ — реле занятия комплекта, принимает все посылки сигнального тока по ВЧ каналу;

О — отбойное, срабатывает при занятии комплекта после срабатывания реле *РЗ* и держит в течение всего соединения;

ВО — вспомогательное к реле *О*;

КИ — корректирует импульсы тока, поступающие с исходящей АТС, и транслирует их в приборы входящей АТС;

С — серийное, срабатывает после первого импульса серии, своим контактом шунтирует низкоомную обмотку и становится замедленным на отпускание. Держит до конца серии и вместе с реле *КИ* обеспечивает коррекцию и дальнейшую трансляцию импульсов на входящую АТС;

СА — сигнальное, принимает по проводу *a* сигналы ответа и отбоя вызванного абонента, передает сигнал отбоя вызывающего абонента;

СБ — сигнальное, срабатывает после отбоя со стороны вызванного абонента и передает сигнал об отбое на исходящую АТС;

ОН — срабатывает после ответа вызванного абонента и обеспечивает срабатывание реле *СА*;

ВСА — контрольное, работает в исходном состоянии комплекта по проводу *k*, контролируя исправность ступени *ГИ* и маркера на входящей АТС. Отпускает после ответа вызванного абонента;

ДС — реле отключения дифсистемы. Работает при установлении четырехпроводного транзита через канал системы передачи.

Совместная работа исходящего и входящего комплектов происходит следующим образом. В исходном состоянии в исходящем комплекте все реле обесточены, а во входящем — под током реле *ВСА*, что свидетельствует об исправности входа *ГИ*, закрепленного за данным комплектом. Сигнальный ток по каналу не передается, так как оборваны цепи подачи плюса на статреле исходящей и входящей сторон канала.

При неисправности на входящей стороне канала через контакт покоя *14—15* реле *ВСА* подается плюс на сигнальный провод, в исходящем комплекте работает реле *К*, контактом которого *11—12* обрывается контрольная цепь по проводу *k* и комплект блокируется от занятия, а контактом *31—32* включается сигнализация о блокировке комплекта.

Занятие канала. Проба исходящего комплекта ведется по проводу *k*. Свободный и исправный комплект имеет минус на проводе *k*, чем обеспечивает срабатывание пробного реле маркера ступени *ГИ*:

1. Плюс их схемы маркера, провод *k* исходящего комплекта, контакты *БКН 5—6*, *13—14* реле *О*, *52—53* реле *ПК*, *11—12* реле *К*, *32—33* реле *В*, R_4-*800*, минус.

После срабатывания пробного реле из маркера подается плюс на провод *d* и в комплекте срабатывает реле *О*.

2. Плюс, *О-3000*, минус.

Контактом *14—15* реле *О* обрывает цепь подачи минуса на пробный провод *k*, контактом *34—35* замыкает цепь заряда конденсатора C_6 (8 мкФ), а контактом *54—55* подает плюс на сигнальный провод (на схеме *Пер*):

3. Плюс контакты *11—12* реле *А*, *54—53* реле *КИ*, *55—54* реле *О*, пружины испытательного гнезда *Гн*$_3$, провод *Пер*, далее эмиттер транзистора статреле.

Статреле канала открывается и сигнальный ток поступает на входящую АТС. Во входящем комплекте срабатывает реле *РЗ* по цепи:

4. —24 В, *РЗ-200*, пружины испытательного гнезда *Гн*$_3$, провод *Пр*, выходной каскад *ПСУ*, плюс.

Срабатывает реле *О*:

5. Плюс, контакты *11—13* реле *ВСА*, *51—53* реле *РЗ*, *О-65*, *О-1500*, минус.

Затем срабатывает реле *ВО*:

6. Плюс, контакт *11—12* реле *О*, *ВО-1900*, минус.

После срабатывания реле *О* и *ВО* в схеме входящего комплекта происходят следующие изменения: а) реле *ВСА* переключается с обмотки *4—5*, которой оно было подключено к маркеру ступени *ГИ* по пробному проводу *k*, на обмотку *1—2*:

7. Плюс, контакты *13—14* реле *О*, *14—15* реле *СА*, обмотка *1—2* реле *ВСА*, R_8-*1,5*, минус;

б) через контакты *34—35* реле *ВО* подается плюс на провод *d*, чем занимается следующая ступень искания; в) контактами *11—12* и *51—52* реле *ВО* подключается дифсистема *ДС* к проводам *a* и *b*;

г) контактом *31—33* реле *О* замыкается сигнальный провод по цепи:

8. Плюс, контакты *13—11* реле *СА*, *52—51* реле *ОН*, *31—33* реле *О*, пружины $ИГн_3$, провод *Пер*.

Сигнальный ток передается на исходящую АТС. В исходящем комплекте срабатывает реле *К* по цепи, аналогичной цепи срабатывания реле *РЗ* входящего комплекта. Реле *К*, сработав, создает цепи работы *В* и *ПК*:

9. Плюс, контакты *11—12* реле *О*, *14—15* реле *К*, *В-1200*, минус.

10. Плюс, *ПК-2000*, контакты *33—32* реле *А*, *31—33* реле *В*, R_4-*8000*, минус.

Таким образом, при занятии канала происходит его круговая проверка, в результате которой под током остаются следующие реле: *О*, *К*, *В*, *ПК* в исходящем комплекте и *РЗ*, *О*, *ВО*, *ВСА* — во входящем.

Набор номера. Если связь ведется от координатной АТС к шаговой, то информация о номере передается импульсами постоянного тока по проводам *a* и *b*. В исходящем комплекте пульсирует реле *И* по цепям *11*, *12*, после первого токового импульса в реле *И* срабатывает реле *С* по цепи *13*:

11. Плюс по проводу *a*, пружины $ИГн_1$, контакты *14—13* реле *А*, диод $Д_3$, обмотка *2—1*, минус.

12. Минус по проводу *b*, пружины $ИГн_1$, контакт *54—53* реле *А*, обмотка *3—4* реле *И*, плюс.

13. Плюс, контакты *11—12* реле *О*, *31—33* реле *И*, *С-65*, *С-1100*, минус.

При каждом отпускании реле *И* шунтируется обмотка серийного реле *С-65* и оно замедляется на отпускание до конца серии. Контактами реле *С* отключаются конденсаторы C_4 и C_5 от импульсных цепей и подключаются к резисторам R_8 и R_9, через которые они разряжаются, не искажая при этом работы импульсного реле.

В процессе набора номера после каждого срабатывания реле *И* создается цепь заряда конденсатора C_6:

14. Плюс, C_6, контакты *34—35* реле *О*, *11—12* реле *КИ*, *14—13* реле *И*, сопротивление *КИ-250* (бифилярная обмотка на реле *КИ*), минус.

После очередного отпускания реле *И* конденсатор разряжается через обмотку реле *КИ*:

15. Плюс, *КИ-500*, R_3-*680*, контакты *11—12* реле *И*, *11—12* реле *С*, *35—34* реле *О*, C_6, плюс.

Время нахождения реле *КИ* под током определяется параметрами разрядной цепи и устанавливается равным 40—45 мс изменением величины R_3 и толщины пластины отлипания реле. Контактом *53—54* реле *КИ* периодически прерываются посылки сигнального тока в канал.

Во входящем комплекте пульсирует реле *РЗ*; при этом импульсы тока приходят искаженными. Коррекция импульсов производится посредством реле *КИ* и *С* и переменного резистора R_6*-680*. После первого отпускания реле *РЗ* заряжается конденсатор C_7, а после последующего срабатывания реле *РЗ* конденсатор разряжается через обмотку реле *КИ*. Время нахождения реле *КИ* под током, как и в исходящем комплекте, устанавливается равным 40—45 мс переменным резистором R_6*-680* и подбором толщины пластины отлипания. После срабатывания реле *КИ* создается цепь работы *С*:

16. Плюс, контакт *32—33* реле *КИ*, *С-65*, *С-1100*, минус.

Скорректированные импульсы тока транслируются в приборы входящей АТС по цепям:

17. Плюс, контакт *52—51* реле *КИ*, R_2*-500*, контакты *15—14* реле *С*, *11—12* реле *ВО*, пружины *ИГн*$_1$, провод *а*, далее в схему прибора следующей ступени искания.

18. Минус, R_3*-500*, контакты *53—54* реле *КИ*, *55—54* реле *С*, *51—52* реле *ВО*, пружины *ИГн*$_1$, провод *b*, далее в схему прибора следующей ступени искания.

По окончании набора номера отпускает реле *С*, а реле *РЗ* срабатывает на длительное время. Из схемы *ЛИ* абоненту идет сигнал вызова.

Если связь осуществляется от АТСК к АТСК, то информация о номере вызываемого абонента передается по разговорным проводам частотным кодом. Реле *И* при этом не работает, а сигнал вызова абонент получает из схемы входящего шнурового комплекта *ВШК* .

Ответ абонента. При ответе вызванного абонента в результате переполюсовки проводов в *ЛИ* или в *ВШК* на провод *а* входящего комплекта подается плюс, срабатывают реле *ОН* и *СА* по цепям:

19. Плюс по проводу *а*, пружины *ИГн*$_1$, контакты *12—11* реле *ВО*, *14—13* реле *С*, *13—14* реле *ОН*, *54—55* реле *РЗ*, *32—33* реле *ВСА*, *54 —55* реле *СА*, *ОН-3000*, минус.

20. Плюс, контакты *11—12* реле *ОН*, *ОН-200*, *СА-1000*, минус.

После срабатывания реле *СА* реле *ОН* отпускает, так как размыкается контакт *54—55* реле *СА*, контакт *34—35* этого реле замыкается и шунтирует обмотку *ОН-200*. Реле *СА* продолжает удерживать якорь по цепи:

21. Плюс по проводу *а*, пружины *ИГн*$_1$, контакты *12—11* реле *ВО*, *14—13* реле *С*, R_9*-10к*, контакт *31—33* реле *СА*, *СА-11 500*, *СА-1000*, минус.

Когда после ответа вызванного абонента срабатывает реле *ОН*, то его контактом *51—52* обрывается цепь подачи плюса на сигнальный провод и прекращается передача сигнального тока на исходящую АТС. В исходящем комплекте отпускает реле *К*. Создается цепь, в которой продолжает удерживать реле *В* и срабатывает реле *А*:

22. Плюс, контакты *11—12* реле *О*, *14—13* реле *К*, *А-1000*, контакт *34—35* реле *В*, *В-1200*, минус.

Контактом *31—33* реле *А* шунтируется обмотка *4—5* реле *ПК*, которое с замедлением отпускает. На время отпускания реле *ПК* на провод *а* подается плюс через обмотку *1—2* реле *СВ*. Контактом *11—12* реле *А* обрывается посылка сигнального тока на входящую АТС.

Во входящем комплекте отпускает реле *РЗ*, а за ним реле *ВСА*. Таким образом, во время разговора абонентов под током следующие реле: *О*, *А*, *В* в исходящем комплекте и *О*, *ВО*, *СА* — во входящем.

Отбой со стороны вызывающего абонента. Если первым дает отбой вызывающий абонент, то на провод *а* со стороны приборов исходящей АТС подается минус. В исходящем комплекте срабатывает реле *СВ*:

23. Плюс, *СВ-1000*, контакты *12—13* реле *ПК*, *15—14* реле *А*, пружины *ИГн*$_1$, провод *а*, минус.

Контактом *32—33* реле *СВ* замыкается цепь посылки сигнального тока на входящую АТС, в результате чего передается сигнал отбоя в схему *ЛИ* или *ВШК*, из которой вызываемый абонент получает зуммер *Занято*. После того как он положит трубку, во входящем комплекте отпускает реле *СА* и срабатывает реле *СБ* по цепи:

24. Плюс, *СБ-1000*, контакты *53—54* реле *С*, *51—52* реле *ВО*, пружины *ИГн*$_1$, провод *b*, минус.

Контактом *11—12* реле *СБ* создается цепь посылки сигнального тока на исходящую АТС, а через контакт *14—15* реле *СА* срабатывает реле *ВСА*:

25. Плюс, контакты *13—14* реле *О*, *14—15* реле *СА*, *ВСА-1000*, R_6-*1,5к*, минус.

В исходящем комплекте срабатывает реле *К* и своим контактом *13—14* обрывает цепь удержания реле *А*, которое отпускает. Контактом *14—15* снимается плюс с провода *а*, вследствие чего освобождаются приборы исходящей АТС, а контактом *32—33* восстанавливается цепь работы реле *ПК*. Отпускает реле *О*, затем с замедлением реле *В* (реле замедленно по конструкции) и обрывается цепь работы реле *ПК*. Контактом *53—54* реле *О* обрываются посылки сигнального тока на входящую АТС.

Во входящем комплекте отпускают реле *РЗ*, *СБ*, *О*, *ВО*, *ВСА*, а после освобождения прибора *ГИ* цепь работы *ВСА* восстанавливается и его контактом *14—15* обрывается посылка сигнального тока на исходящую АТС. В исходящем комплекте отпускает реле *К* и комплекты готовы к новому занятию.

Отбой со стороны вызванного абонента. Если первым дает отбой вызванный абонент, то со стороны *ЛИ* или *ВШК* снимается плюс с провода *а*, на провод *b* подается минус. Во входящем комплекте отпускает реле *СА* и срабатывает реле *СБ* по цепи:

26. Плюс, *СБ-1000*, контакты *53—54* реле *С*, *51—52* реле *ВО*, пружины *ИГн*$_1$, провод *b*, минус.

Через контакты *13—12* реле *СА* и *11—12* реле *СБ* создается цепь посылки сигнального тока на исходящую АТС.

В исходящем комплекте срабатывает реле *К* и контактом *13—14* обрывает цепь работы реле *А*, которое отпускает. Реле *А* контактом *11—12* замыкает цепь посылки сигнального тока на входящую АТС, контактом *32—33* восстанавливает цепь работы реле *ПК*, а контактами *54—53* и *14—13* реле *А* подключает обмотки реле *И* к проводам *a* и *b*. В сторону вызывающего абонента передается зуммер *Занято* из схемы *ВШК* или *ЛИ*. Во входящем комплекте срабатывает реле *РЗ*, затем реле *ВСА*.

После отбоя вызывающего абонента и освобождения приборов исходящей АТС обрывается провод *d*. В исходящем комплекте отпускает реле *О*, затем с замедлением реле *В*, обрывается цепь работы реле *ПК* и прекращается посылка сигнального тока в канал.

Во входящем комплекте отпускают реле *РЗ*, *О*, *ВО*, *ВСА*, *СБ*. Контактами реле *ВО* обрываются цепи удержания прибора *ГИ* на входящей АТС. После освобождения прибора и возвращения его схемы в исходное состояние во входящем комплекте вновь срабатывает реле *ВСА*, прекращаются посылки сигнального тока на исходящую АТС. В исходящем комплекте отпускает реле *К* и комплекты готовы к новому занятию.

В рассмотренных случаях отбой происходил после состоявшегося разговора. Однако возможны случаи отбоя на любом этапе соединения, например до ответа вызванного абонента, в момент его ответа и др.

Рассмотрим работу комплектов в приведенных случаях.

Если вызывающий абонент дает отбой после набора номера, до ответа вызванного абонента, то в комплектах под током следующие реле: *О*, *К*, *В*, *ПК* в исходящем и *РЗ*, *О*, *ВО*, *ВСА* во входящем — и сигнальная частота передается по каналу в прямом и обратном направлениях.

После отбоя со стороны вызывающего абонента обрывается провод *d* и в исходящем комплекте отпускает реле *О*, контактом *54—55* которого обрываются посылки сигнального тока на входящую АТС. Во входящем комплекте отпускает реле *РЗ* и дальнейшая работа происходит так же, как и при подаче отбоя вызванным абонентом. За время освобождения входящего комплекта в исходящем отпускают реле *В* и *ПК*.

После возвращения исходящего комплекта в исходное состояние прекращается посылка сигнального тока на исходящую АТС, в исходящем комплекте отпускают реле *К* и комплект готов к новому занятию.

Если вызывающий абонент дает отбой в момент ответа вызванного абонента, то в исходящем комплекте отпускают реле *О* и с замедлением реле *В*. Контактом *54—55* реле *О* обрывается подача сигнального тока, и во входящем комплекте отпускает реле *РЗ*. За время его замедленного отпускания срабатывают реле *ОН* и *СА* и обрывают посылку сигнального тока на исходящую АТС. В исходящем комплекте отпускает реле *К*, а сигнальный ток начинает подаваться на входящую АТС через контакты

33—32 реле *К* и *34—33* реле *ПК*. Во время замедленного отпускания реле *В* реле *ПК* удерживает через контакт *31—33* реле *В*, а после отпускания реле *В* — через контакты *33—32* реле *В* и *51—53* реле *ПК*. Реле *ПК* обрывает контактом *52—53* пробный провод *k*, предотвращая возможность повторного занятия комплекта.

Во входящем комплекте срабатывает реле *РЗ* и подключает к проводу *а* обмотку реле *СА-1000* с минусом на конце. Этим передается сигнал отбоя в оконечный прибор входящей АТС, из которого вызываемый абонент получает зуммер *Занято*. После отбоя вызываемого абонента отпускает реле *СА* и своим контактом замыкает цепь посылки сигнального тока на исходящую АТС.

В исходящем комплекте срабатывает реле *К*, контактом *11—12* которого обрывается цепь работы реле *ПК*, а контактом *33—34* прекращается посылка сигнального тока на входящую АТС. Во входящем комплекте отпускают реле *РЗ*, *О*, *ВО*, срабатывает реле *ВСА*, контактами которого обрывается посылка сигнального тока на исходящую АТС. В исходящем комплекте отпускают реле *К* и комплекты готовы к новому занятию.

Транзитное соединение станций через каналы системы передачи. Для установления четырехпроводного транзита комплект *РСЛУИ* соединяется с комплектом *РСЛУВ* через ступень группового искания. При этом подается плюс на провод *с* исходящего и входящего комплектов, в которых срабатывают реле *ДС*. Контактами этих реле отключаются дифсистемы от проводов *а*, *b*, *е*, *f*, которые соединяются напрямую. Передающий тракт канала коммутируется проводами *а* и *b*, а приемный — проводами *е* и *f*.

Проверка релейных комплектов производится специальными пультами. Комплекты для связи с шаговыми АТС проверяются универсальным пультом РСЛУ-РСЛУМ, а для связи с координатными АТС — пультом ПКУ (прибор проверки комплектов каналов аппаратуры уплотнения).

Пульты позволяют производить проверку комплектов на полное установление соединения и прохождение разговора, а также индивидуальную проверку исходящих и входящих комплектов. При индивидуальной проверке комплектов проверяются временные параметры корректоров импульсов посредством приборов ДИНИР ДИИВ (декатронные измерители интервалов времени номеронабирателей и реле).

С помощью пультов можно также измерять остаточное затухание каналов.

Глава 8. СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30

8.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Многоканальная система передачи типа ИКМ-30 предназначена для организации соединительных линий на городских и пригородных телефонных сетях по методу временного разделения каналов с использованием принципов импульсно-кодовой модуляции (ВД-ИКМ).

Система передачи рассчитана на работу по парам симметричных кабелей типов Т и ТПП с диаметром жил 0,5—0,7 мм. Для организации одного двустороннего линейного тракта используются две пары кабеля: прямого и обратного направлений передачи. Линейный тракт может быть образован по однокабельной и двухкабельной системам, причем при однокабельной системе организации связи требуется специальный отбор пар кабеля по переходному затуханию.

Максимальная дальность связи, образованной системой передачи ИКМ-30, не превышает 50 км. Для восстановления (регенерации) линейного ИКМ сигнала на расстоянии 1,5—2,6 км устанавливаются регенераторы. Длина участка регенерации зависит от типа кабеля и числа пар, занятых под систему передачи ИКМ-30. Максимальное ослабление участка регенерации на полутактовой частоте 1024 кГц составляет 36 дБ, а минимальное — 8 дБ. Для исключения влияния пристанционных помех длина участка регенерации, примыкающего к обслуживаемой станции, устанавливается вдвое короче, а его затухание на частоте 1024 кГц не должно превышать 18 дБ.

Кодирование сигналов телефонных каналов ведется восьмиразрядным симметричным двоичным кодом. Кодирование — *нелинейное*, по закону *А-87,6/13*. В качестве линейного используется биполярный квазитроичный сигнал с параметрами: амплитуда импульса на выходе передающей станции или регенератора составляет ±3 В±10%, на нагрузке — 120 Ом±2%; длительность импульса на уровне $0{,}5U_m$ — 0,24±0,3 мкс. Номинальное значение входного сопротивления линейного тракта на частоте 1024 кГц составляет 120 Ом±10%.

Для передачи сигналов управления и взаимодействия (СУВ) между АТС в ИКМ-30 используются квазиэлектронные согласующие устройства *СУ*, входящие в состав аппаратуры.

Система передачи позволяет организовать 30 стандартных телефонных каналов тональной частоты (ТЧ), девять каналов для передачи дискретной информации (ДИ) со скоростью передачи 8 кбод/с (восемь из которых образуются взамен одного канала ТЧ), один канал вещания второго класса (вместо четырех каналов ТЧ), два канала передачи СУВ на каждый канал ТЧ, а также шесть каналов служебной связи СС и телеконтроль шести направлений линейного тракта.

Тактовая частота системы равна 2048 кГц, частота дискретизации телефонных каналов и каналов передачи ДИ 8 кГц, каналов передачи СУВ 0,5 кГц, а канала вещания — 32 кГц.

Диаграмма временны́х циклов системы (рис. 8.1) содержит сверхциклы, следующие друг за другом. Каждый сверхцикл содержит 16 циклов. Циклы в сверхцикле нумеруются $Ц_0$, $Ц_1$, ..., $Ц_{15}$. Цикл делится на 32 канальных интервала $КИ_0$, $КИ_1$, ..., $КИ_{31}$, в каждом из которых на месте разрядных интервалов P_1, P_2, ..., P_8

передается восьмиразрядная кодовая комбинация двоичных символов 0 и 1. Длительность цикла равна 125 мкс, сверхцикла — 2 мс, канального интервала — 3,91 мкс, разряда — 488 нс.

Отсчет циклов в сверхцикле начинается с цикла, содержащего сигнал сверхцикловой синхронизации (СЦС), а отсчет канальных интервалов — с канального интервала, содержащего сигнал

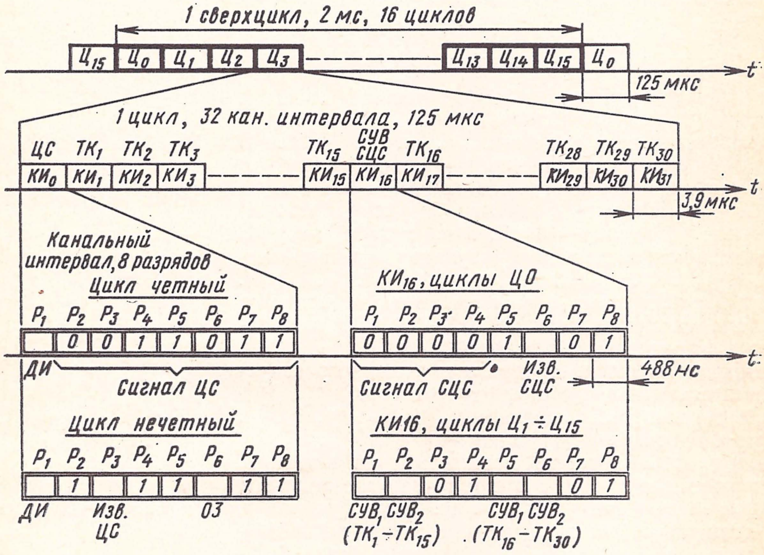

1 сверхцикл, 2 мс, 16 циклов
Ц15
Ц0
Ц1
Ц2
Ц3
Ц13
Ц14
Ц15
Ц0
t
125 мкс
1 цикл, 32 кан. интервала, 125 мкс
ЦС
ТК1
ТК2
ТК3
ТК15
СУВ
СЦС
ТК16
ТК28
ТК29
ТК30
КИ0
КИ1
КИ2
КИ3
КИ15
КИ16
КИ17
КИ29
КИ30
КИ31
t
3,9 мкс
Канальный интервал, 8 разрядов
Цикл четный
P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8
0 0 1 1 0 1 1
ДИ
Сигнал ЦС
КИ16, циклы Ц0
P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8
0 0 0 0 1 0 1
Сигнал СЦС
Изв. СЦС
488 нс
t
Цикл нечетный
P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8
1 1 1 1 1
ДИ
Изв. ЦС
ОЗ
КИ16, циклы Ц1 ÷ Ц15
P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8
0 1 0 1
СУВ1 СУВ2 (ТК1 ÷ ТК15)
СУВ1 СУВ2 (ТК16 ÷ ТК30)

Рис. 8.1. Диаграмма временных циклов системы передачи ИКМ-30

цикловой синхронизации (ЦС). Сигнал СЦС передается в разрядах P_1—$P_4КИ_{16}$ цикла $Ц_0$ символами 0000, а сигнал ЦС — в разрядах P_2—$P_8КИ_0$ четных циклов сверхцикла символами 0011011. При потере синхронизма на месте разрядов $P_3КИ_0$ нечетных циклов и $P_6КИ_{16}$ цикла $Ц_0$ передаются символы 1, включающие аварийную сигнализацию «Изв.ЦС» и «Изв.СЦС» на противоположной оконечной станции. Разряд P_1 в $КИ_0$ во всех циклах используется для передачи дискретной информации ДИ, а P_6 в нечетных циклах этого канального интервала — для передачи сигнала контроля остаточного затухания в 23-м канале системы (ОЗ). В остальных разрядах $КИ_0$ нечетных циклов и разрядах $КИ_{16}$ цикл $Ц_0$ передаются символы, указанные на рис. 8.1.

Канальные интервалы $КИ_1$—$КИ_{15}$, $КИ_{17}$—$КИ_{31}$ во всех циклах сверхцикла используются для кодирования сигналов, передаваемых по 1—15-му и 16—30-му телефонным каналах (ТК) соответственно. Канальный интервал $КИ_{16}$ в циклах $Ц_1$—$Ц_{15}$ используется для передачи СУВ, при этом каждому телефонному каналу придается по два сигнальных: $СУВ_1$ и $СУВ_2$. В каждом из указанных циклов в $КИ_{16}$ передаются СУВ сразу двух телефонных каналов, при этом в разрядах P_1 и P_2 передаются $СУВ_1$ и $СУВ_2$ одного из них, а в разрядах P_5 и P_6 — $СУВ_1$ и $СУВ_2$ второго телефонного канала. Парными являются 1 и 16, 2 и 17, 3 и 18, ..., 15 и 30 телефонные каналы. Сигналы управления и взаимодействия этих каналов передаются соответственно в циклах $Ц_1, Ц_2, Ц_3$, ..., $Ц_{15}$ сверхцикла. В разрядах P_3, P_7 циклов $Ц_1$—$Ц_{15}КИ_{16}$ передается символ 0, а в разрядах P_4, P_8 — символ 1.

Система передачи ИКМ-30 позволяет образовывать каналы, качество которых характеризуется следующими данными:

Полоса эффективно передаваемых частот . . .	0,3—3,4 кГц
Остаточное затухание канала ТЧ:	
при 2-проводном окончании	1,8; 3,5; 7,0 дБ
при 4-проводном окончании и измерительном уровне на входе и выходе канала —3,5 дБ .	0 дБ
при 4-проводном кончании и измерительном уровне на входе —13 дБ, а на выходе +4,3 дБ	—17,3 дБ
Нестабильность остаточного затухания в течение месяца	не более ±0,5 дБ
Амплитудно-частотная характеристика остаточного затухания канала в спектре 0,3—3,4 кГц относительно его величины на частоте 800 Гц	по табл. 8.1
Номинальное значение входного и выходного сопротивления в диапазоне частот 0,3—3,4 кГц:	
при 2-проводном окончании	600 Ом±5%
при 4-проводном окончании	600 Ом±10%
Средняя псофометрическая мощность шума в канале, нагруженном на входе и выходе на номинальное сопротивление	не более —65 дБм0
Защищенность от внятых переходных влияний между каналами одной системы в диапазоне частот 0,3—3,4 кГц	не менее 68 дБ для 75% комбинаций и не менее 65 дБ для 100% комбинаций
Отношение сигнал/шум квантования при 4-проводном окончании канала и остаточном затухании 0 дБ в диапазоне уровней входного сигнала в виде белого шума от —3 до —55 дБм0	по табл. 8.2
Среднее время поиска циклового и сверхциклового синхронизма	не более 2 мс
Электропитание аппаратуры	станционная батарея 60 $^{+6}_{-2}$ В с заземленным плюсом

Система обеспечивает работу аппаратуры в составе единой интегральной цифровой сети связи (здесь не рассматривается).

Таблица 8.1

F, кГц	0,3—0,6	0,6—2,4	2,4—3,0	3,0—3,4	Свыше 3,4
$\Delta p = p_F - p_{0,8}$, дБ	+0,5 —1,2	±0,5	+0,5 —0,7	+0,5 —1,4	Не более +0,5

Таблица 8.2

Уровень входного сигнала, дБм0	—3	—10	—20	—30	—40	—45	—50	—55
Отношение с/ш квантования, дБ, не менее	26,3	34,1	34,1	33,5	27,6	22,6	17,6	12,6

8.2. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В состав оборудования системы передачи ИКМ-30 входят три типа стоек: САЦО (с комплектами АЦО), СОЛТ и СОО, — устанавливаемые на обслуживаемых станциях, а также оборудование необслуживаемого регенерационного пункта колодезного типа НРП-К12, устанавливаемого на линии.

Стойка аналого-цифрового оборудования САЦО представляет собой каркас размером 600×225×2600 мм. Она предназначена для установки на ней от одного до четырех комплектов (систем) аналого-цифрового оборудования (АЦО). Кроме вводного устройства, стойка имеет панель обслуживания *ПО-1*, которая обеспечивает индикацию всех видов аварии на любом из комплектов АЦО, включение стоечной, рядовой и общестанционной сигнализации, а также наблюдение за состоянием каналов передачи СУВ и ведение служебных разговоров.

Комплект АЦО содержит индивидуальное оборудование, комплекты блоков генераторного и группового оборудования трактов передачи и приема, блок дискретной информации *ДИ*, блок контроля и сигнализации *КС*, а также устройство питающее *УП*. Передатчик и приемник вещания в состав АЦО не входят и поставляются отдельно.

Индивидуальное оборудование АЦО состоит из 30 блоков согласующих устройств *СУ* и 15 блоков приемопередатчиков *ПП*. В каждом блоке *ПП* размещаются приемопередатчики для двух каналов системы. В качестве *СУ* в АЦО могут быть установлены согласующие устройства трех типов: устройство согласующее исходящее *СИ*, устройство согласующее входящее *СВ* и устройство согласующее входящее междугородное *СВМ*. Все однотипные блоки индивидуального оборудования являются взаимозаменяемыми.

В комплект блоков генераторного и группового оборудования передачи входят задающий генератор *ГЗ*, делитель частоты *ДЧ*, делитель канальный *ДК*, кодер — аналоговая часть *Код.А*, кодер — цифровая часть *Код.Ц* и формирователь линейного сигнала *ФЛС*, а в комплект однотипного оборудования приема — преобразователь приема *ПК*$_{пр}$, приемник синхросигнала *Пр.синхр*, делитель частоты *ДЧ*, делитель канальный *ДК* и декодер *Декод*.

Блоки *ДК* и *ДЧ* трактов приема и передачи являются взаимозаменяемыми.

Для подключения к устройствам АТС, линейным трактам приема и передачи, а также для ввода отдельных вспомогательных цепей АЦО имеет вводное устройство. Габариты АЦО 550×215×599 мм.

Стойка оборудования линейного тракта СОЛТ предназначена для организации линейных трактов, осуществления транзита и согласования окончаний трактов с оборудованием АЦО. Стойка обеспечивает дистанционное питание регенераторов, установленных на линии, регенерацию ИКМ сигнала, телеконтроль состояния линейных трактов, индикацию различных видов аварии и включение сигнализации, а также ведение служебных разговоров. Оборудование, расположенное на СОЛТ, позволяет организовать до 30 линейных трактов и шести каналов служебной связи, а также держать под контролем до шести направлений работы линейных трактов. В состав стойки входят вводное устройство, десять панелей дистанционного питания и регенераторов *ДПР*, комплект блоков служебной связи и панель обслуживания *ПО-2*. Кроме того, на СОЛТ имеется отсек для установки прибора дистанционного контроля регенераторов *ПДКР*.

Вводное устройство состоит из пяти панелей, на которые заводятся линейные пары кабелей направлений передачи и приема, пары служебной связи и пары телеконтроля. Здесь же установлены разрядники для защиты линейных цепей от наводок высокого напряжения, а также осуществляется коммутация линейных цепей со стоечным монтажом.

Панель ДПР обеспечивает дистанционное питание регенераторов, установленных на линии, передачу, прием и регенерацию ИКМ сигнала. Она же выполняет функции контроля наличия ИКМ сигнала на выходе станционных регенераторов *РС*. Каждая панель *ДПР* позволяет организовать три линейных тракта, для чего на ней устанавливаются три блока дистанционного питания длинных *ДП* либо коротких *ДПК* линий, три блока *РС* и один блок контроля и питания регенераторов *КП*.

Панель обслуживания осуществляет включение сигнализации и индикацию всех видов аварии на СОЛТ и каждом из шести направлений работы линейных трактов. Она же позволяет определить номер вскрытого НРП-К12, поврежденный регенератор, участок обрыва цепи *ДП*, а также измерить ток дистанционного питания регенераторов.

Панель служебной связи СС предназначена для организации каналов служебной связи. Она осуществляет функции приема и посылки избирательного вызова, а также ведения служебных разговоров по каналам СС. В состав панели входят от одного до шести усилителей служебной связи *УСС* и блок переговорно-вызывного устройства *ПВУ*. Каждый *УСС* может работать в трех направлениях в режиме двух- или четырехпроводного транзита.

Стойка СОЛТ может использоваться в качестве оконечной и промежуточной стойки, устанавливаемой на обслуживаемых пунктах магистрали. Ее габариты 600×225×2600 мм.

Стойка оконечного оборудования СОО является универсальной. Она содержит оборудование для шести линейных трактов и трех комплектов АЦО. В состав стойки входят вводное устройство, две панели обслуживания: *ПО-1* и *ПО-2*, — а также панель служебной связи. Оборудование СОО позволяет выполнять все функции по обслуживанию линейных трактов и оконечных станций.

Необслуживаемый пункт НРП-К12 представляет собой герметичный контейнер размером 480×380×320 мм, в котором размещаются от одного до 12 блоков линейных регенераторов *РЛ* и один блок контроля регенераторов *КР*. В состав НРП-К12 входят корпус с резиновым уплотнителем, вводная кабельная муфта с двумя стабкабелями, съемная крышка и каркас (кассета) с датчиком понижения давления, кнопкой вскрытия контейнера, коммутационным полем и разъемами для включения *РЛ* и *КР*. На внешней стороне крышки размещены вентиль для подачи воздуха в контейнер и разъем для подключения аппарата служебной связи (аппарата обходчика). На внутренней стороне крышки имеется отсек для селикагеля. Пункт НРП-К12 предназначен для установки в больших и средних колодцах ГТС и рассчитан на эксплуатацию при внутреннем избыточном давлении от 0,03 до 0,1 МПа.

8.3. АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АЦО

Аналого-цифровое оборудование (АЦО) предназначено для организации 30 телефонных каналов по методу ВД-ИКМ и согласования этих каналов с устройствами АТС.

Структурная схема АЦО показана на рис. 8.2. Для упрощения схемы на ней не показаны блоки и функциональные связи, необходимые для организации каналов передачи дискретной информации и канала вещания.

Аналого-цифровое оборудование содержит индивидуальное оборудование — 30 блоков *ПП* и 30 блоков *СУ*, а также генераторное и групповое оборудование трактов приема и передачи. Функции генераторного оборудования на передаче выполняют блоки *ГЗ-2048*, $ДК_{пер}$ и $ДЧ_{пер}$, а на приеме — блоки $ПК_{пр}$, $ДК_{пр}$ и $ДЧ_{пр}$. Групповое оборудование передачи представлено блоками *Код.А(Ц)* и *ФЛС*, а групповое оборудование приема — блоками *Пр.синхр* и *Декод.* (декодер).

Сигналы от абонентов по проводам *a* и *b* поступают на *согласующие устройства СУ* и далее на вход блоков *приемопередатчиков* $ПП_1$, $ПП_2$, ..., $ПП_{30}$. Последовательности канальных импульсов $КИ_1$, $КИ_2$, ..., $КИ_{15}$, $КИ_{17}$, ..., $КИ_{31}$, следующие от канального делителя передачи $ДК_{пер}$, попеременно открывают АИМ модуляторы передатчиков каналов, осуществляя дискретизацию переда-

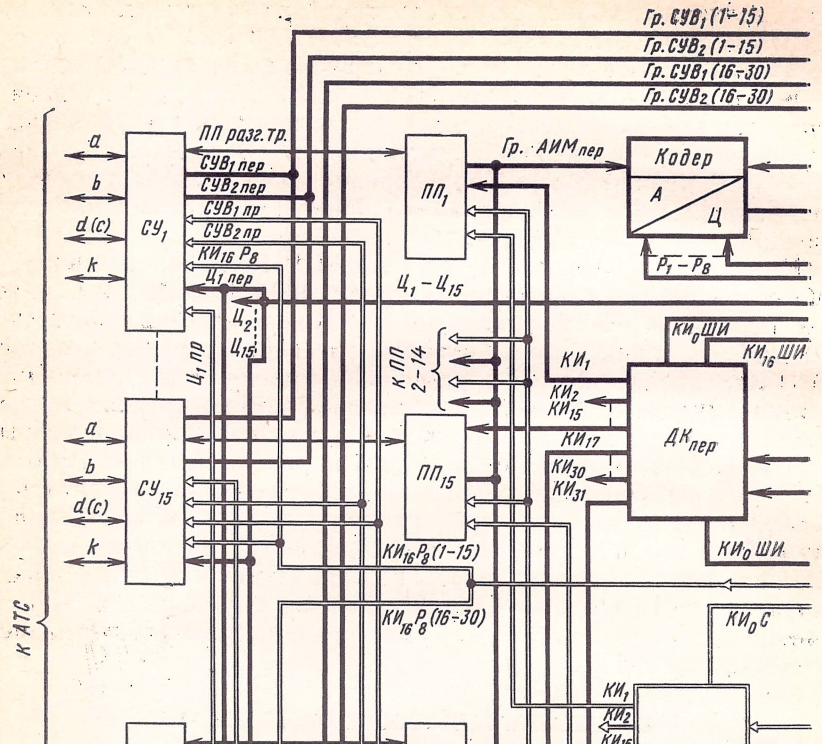
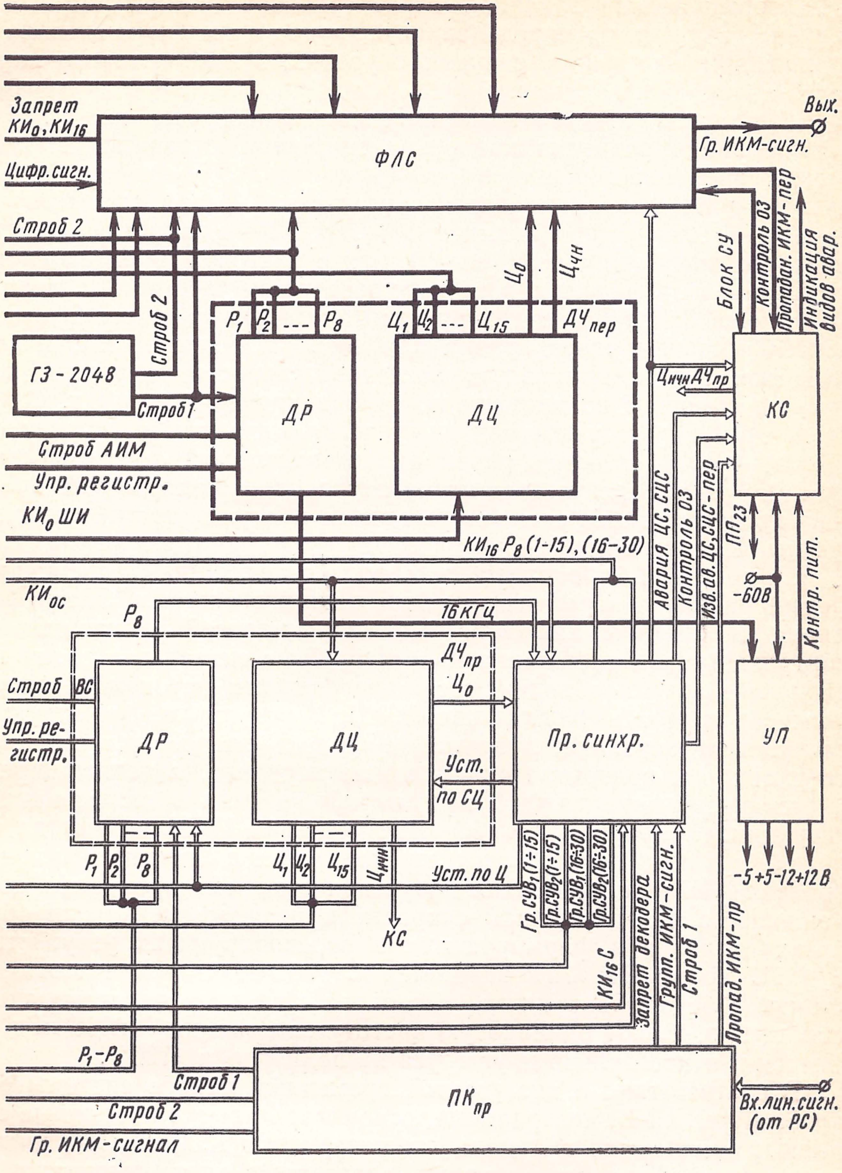

Гр. СУВ₁ (1÷15)
Гр. СУВ₂ (1÷15)
Гр. СУВ₁ (16÷30)
Гр. СУВ₂ (16÷30)
ПП разг. тр.
СУВ₁ пер
СУВ₂ пер
СУВ₁ пр
СУВ₂ пр
КИ₁₆ Р₈
Ц₁ пер
Ц₂
Ц₁₅
Ц₁ пр
Гр. АИМ пер
Кодер
А
Ц
Р₁ – Р₈
ПП₁
Ц₁ – Ц₁₅
к ПП 2–14
КИ₀ШИ
КИ₁₆ШИ
КИ₁
КИ₂
КИ₁₅
КИ₁₇
КИ₃₀
КИ₃₁
ДК пер
КИ₀ ШИ
ПП₁₅
КИ₁₆Р₈(1–15)
КИ₁₆Р₈(16÷30)
КИ₀С
a
b
d(c)
k
СУ₁
СУ₁₅
СУ₁₆
СУ₃₀
к АТС
ПП₁₆
ДК пр
к ПП 17–29
Запрет КИ₀, КИ₁₆
КИ₁₆С
Ц₁
Ц₂
Ц₁₅
СУВ₁ (1–15)
СУВ₂ (1–15)
СУВ₁ (16–30)
СУВ₂ (16–30)
ПП₃₀
Декодер
Гр. АИМ пр

Рис. 8.2. Структурная схема АЦО

ваемых сигналов по времени. Длительность канального импульса равна 1,9 мкс, период следования 125 мкс. Канальные импульсы соседних каналов смещены во времени на 3,9 мкс. В результате этого отсчеты каналов также смещаются во времени и, следуя друг за другом, образуют групповой АИМ сигнал (*Гр.АИМ*$_{\text{пер}}$).


Запрет КИ₀, КИ₁₆
Цифр. сигн.
ФЛС
Вых.
Гр. ИКМ-сигн.
Строб 2
Контроль ОЗ
Пропадан. ИКМ-пер
Индикация видов авар.
Блок СУ
Ц₀
Цчн
P₁ P₂ --- P₈
Ц₁ Ц₂ --- Ц₁₅
ДЧпер
ГЗ - 2048
Строб 2
Строб 1
ДР
ДЦ
Цчн ДЧпр
КС
Строб АИМ
Упр. регистр.
КИ₀ ШИ
КИ₁₆ P₈ (1-15), (16-30)
Авария ЦС, СЦС
Контроль ОЗ
Изв. ав. ЦС, СЦС-пер
ПП₂₃
-60В
Контр. пит.
КИ₀с
P₈
16 КГЦ
ДЧпр
Ц₀
Строб ВС
Упр. ре-гистр.
ДР
ДЦ
Пр. синхр.
УП
Уст. по СЦ
P₁ P₂ P₈
Ц₁ Ц₂ Ц₁₅
Цчн
Уст. по Ц
Гр. СУВ₁ (1÷15)
Гр. СУВ₂ (1÷15)
Гр. СУВ₁ (16÷30)
Гр. СУВ₂ (16÷30)
-5 +5 -12 +12 В
КС
КИ₁₆ С
Запрет декодера
Групп. ИКМ-сигн.
Строб 1
Пропад. ИКМ-пр
P₁-P₈
Строб 1
Строб 2
Гр. ИКМ-сигнал
ПКпр
Вх. лин. сигн. (от РС)

системы передачи ИКМ-30

Блок кодера (аналого-цифровой преобразователь) осуществляет квантование и кодирование отсчетов передаваемого сигнала. Он состоит из двух частей: аналоговой (А) и цифровой (Ц). В аналоговой части отсчеты обрабатываются и приводятся к форме, удобной для кодирования. Цифровая часть кодера обеспечивает формирование заданной характеристики компрессии и выполняет операции по определению полярности входного сигнала и кодированию номера разрешенного уровня, в зоне которого находится кодируемый отсчет.

Кодирование ведется восьмиразрядным двоичным кодом. Для формирования разрядов кодовой комбинации и задания определенных временны́х режимов работы узлов кодирующего устройства в кодер заводятся последовательности разрядных импульсов P_1, P_2, ..., P_8 и так называемый *Строб 2* — последовательность прямоугольных импульсов, следующих с тактовой частотой системы. Длительность разрядного импульса равна 0,49 мкс, а период следования 3,9 мкс. В стробирующей последовательности 2048 кГц длительность импульса равна 0,24 мкс, а период следования 0,49 мкс. Как и канальные, последовательности разрядных импульсов смещены во времени по отношению друг к другу. Однако, в отличие от канальных импульсов, относительный сдвиг соседних импульсов здесь равен длительности импульса и составляет 0,49 мкс. В результате последовательного кодирования отсчетов группового АИМ сигнала на выходе кодера формируется цифровой ИКМ сигнал.

В *блоке формирователя линейного сигнала ФЛС* происходит формирование диаграммы временны́х циклов системы. Здесь формируются сигналы цикловой и сверхцикловой синхронизации, контрольные, вспомогательные и аварийные сигналы, а затем эти цифровые потоки объединяются с цифровыми потоками, следующими от кодера и передатчиков СУВ. В результате формируются сверхциклы передачи, задается порядок следования циклов в сверхцикле и кодовых групп в цикле передачи, а также определяется назначение каждой импульсной позиции в каждом цикле сверхцикла. Сформированный однополярный ИКМ сигнал до передачи в линию подвергается перекодировке в биполярный квазитроичный ИКМ сигнал. Для получения заданных временны́х соотношений, а также нужной скорости и последовательности обработки сигналов в формирующих и перекодирующих устройствах в *ФЛС* кроме *Строба 2* заводится *Строб 1* тактовой частоты системы. Обе стробирующие последовательности, представленные обобщенно, имеют одинаковую частоту следования — 2048 кГц, но смещены относительно друг друга на полпериода (180°).

В соответствии с диаграммой временны́х циклов системы синхросигналы, СУВ, контрольные, вспомогательные и аварийные сигналы размещаются в канальных интервалах $КИ_0$ и $КИ_{16}$ циклов сверхцикла. Поэтому на время следования этих интервалов из *ФЛС* в кодер подается сигнал запрета кодирования (запрет $КИ_0$, $КИ_{16}$), а для формирования сигналов, передаваемых в этих канальных интервалах, в *ФЛС* из $ДК_{\text{пер}}$ подаются последовательности так называемых «широких» канальных импульсов $КИ_0ШИ$ и $КИ_{16}ШИ$ с длительностью импульса 3,9 мкс (вместо 1,9 мкс) и периодом следования 125 мкс. Формирование циклов сверхцикла осуществляется последовательностями $Ц_0$ и $Ц_{\text{чн}}$ с длительностью импульсов 125 мкс и периодом следования 2 мс и 250 мкс соответственно.

После формирования и перекодировки ИКМ сигнал через передающую часть станционного регенератора поступает в линию.

В тракте приема ИКМ сигнал претерпевает обратные преобразования. Восстановленный станционным генератором, он поступает на вход блока *преобразователя кода приема* $ПК_{пр}$. Здесь из биполярного ИКМ сигнал преобразуется в однополярный и поступает в блоки *приемника синхросигнала Пр.синхр* и декодер. Одновременно этот сигнал принимается выделителем тактовой частоты *ВТЧ*, расположенным в блоке $ПК_{пр}$, где из него выделяется тактовая частота системы и формируется последовательность прямоугольных стробирующих импульсов: *Строб 1* и *Строб 2*. Как и на передаче, эти последовательности смещены во времени по отношению друг к другу на полпериода (180°).

Строб 1 запускает делители генераторного оборудования приема $ДЧ_{пр}$ и $ДК_{пр}$, формируя последовательности разрядных (P_1—P_8), канальных ($КИ_1$—$КИ_{15}$, $КИ_{17}$—$КИ_{31}$, $КИ_0С$, $КИ_{16}С$) и цикловых ($Ц_0$, $Ц_1$, ..., $Ц_{15}$) импульсов.

Работа делителей управляется приемником синхросигнала, расположенным в блоке *Пр.синхр*. Первоначальная установка делителей производится сигналами *Установка по сверхциклам* (Уст. по СЦ) и *Установка по циклам* (Уст. по Ц), поступающими из приемника синхросигнала. Синхронность работы делителей приема с делителями передачи контролируется местным сигналом контроля, который формируется импульсными последовательностями $КИ_0С$ и P_8 (ЦС), $КИ_{16}С$, $Ц_0$ и P_8 (СЦС). Совпадение этих сигналов должно приходиться на момент приема сигнала цикловой (сверхцикловой) синхронизации приемником синхронизации. В противном случае принимается решение о потере синхронизма и на шину *запрет декодера* подается сигнал, запрещающий его работу до момента «нахождения» синхрогруппы. В процессе поиска сначала находится сигнал цикловой, а затем сверхцикловой синхронизации, после чего определяется порядок распределения циклов в сверхцикле и кодовых групп в цикле передачи. При наличии синхронизма устройства разделения *Пр.синхр* производят разделение цифровых потоков СУВ, контрольных, аварийных и вспомогательных сигналов, при этом дается разрешение на работу декодера.

В соответствии с принятой кодовой комбинацией *декодер* (цифроаналоговый преобразователь) осуществляет восстановление амплитуд переданных отсчетов и формирование группового АИМ сигнала на приеме ($Гр.АИМ_{пр}$). Как и на передаче, в канальных интервалах $КИ_0$ и $КИ_{16}$ подается сигнал запрета работы декодера.

Распределение отсчетов группового АИМ сигнала по *приемникам каналов* производится временны́ми селекторами, работой которых управляют последовательности канальных импульсов $КИ_1$—$КИ_{15}$, $КИ_{17}$—$КИ_{31}$, поступающие от $ДК_{пр}$. Параметры импульсных последовательностей, вырабатываемых делителями приема, аналогичны параметрам соответствующих импульсных последовательностей на передаче.

В каждом блоке *ПП* последовательность отсчетов, выделенная временны́м селектором приемника, пропускается через фильтр нижних частот, в результате чего восстанавливается переданный непрерывный сигнал. Через блок *СУ* этот сигнал по проводам *a* и *b* поступает к абоненту.

Как следует из схемы, передача СУВ осуществляется четырьмя отдельными цифровыми потоками: $Гр.СУВ_1$ (1—15 кан.), $Гр.СУВ_2$ (1—15 кан.), $Гр.СУВ_1$ (16—30 кан.) и $Гр.СУВ_2$ (16—30 кан.). Эти потоки объединяются с ИКМ сигналом на передаче в блоке *ФЛС*, а разделяются на приеме — в блоке *Пр.синхр.* Каждый из потоков передается соответственно в разрядах P_2, P_3 и P_5, $P_6КИ_{16}$ в циклах $Ц_1$, $Ц_2$, ..., $Ц_{15}$ сверхцикла. Передатчики СУВ различных каналов управляются импульсными последовательностями $Ц_1$, $Ц_2$, ..., $Ц_{15}$, вырабатываемыми блоком $ДЧ_{\text{пер}}$, а приемники СУВ — аналогичными последовательностями, поступающими от блока $ДЧ_{\text{пр}}$. Длительность импульса в каждой из этих последовательностей составляет 125 мкс, а период следования — 2 мс. Соседние импульсы в указанных последовательностях смещены по отношению друг к другу на 125 мкс.

Как можно заметить, передатчики СУВ управляются только цикловыми последовательностями импульсов. Правильное разделение каналов по импульсным позициям $КИ_{16}$ в циклах сверхцикла производится в блоке *ФЛС*. На приеме правильное разделение СУВ по приемникам каналов выполняется блоком *Пр. синхр* путем подачи на приемники СУВ сигнала $КИ_{16}P_8$. Это исключает ошибочное распределение сигналов, передаваемых в одном цикле передачи.

Помимо разговорных и сигнальных токов АЦО осуществляет передачу ряда контрольных и аварийных сигналов. Цифровые потоки этих сигналов формируются блоками *КС*, *ФЛС*, *Пр.синхр* и $ПК_{\text{пр}}$. Виды передаваемых сигналов и функциональные связи между блоками показаны на схеме.

Питание АЦО производится от станционной батареи 60^{+6}_{-2} В через питающее устройство *УП*. Для уменьшения помех, порождаемых работой устройства, а также для обеспечения стабильности работы преобразователя напряжение *УП* синхронизируется частотой 16 кГц, поступающей от $ДЧ_{\text{пер}}$.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Генераторное оборудование предназначено для формирования необходимой сетки частот импульсных последовательностей, с помощью которых производится управление работой функциональных узлов и блоков АЦО, а также определяются порядок и скорость обработки сигналов в трактах приема и передачи.

По построению генераторное оборудование ГО приема и передачи одинаково. В обоих случаях опорной является тактовая частота системы 2048 кГц. На передаче эта частота получается от задающего генератора *ГЗ* с кварцевой стабилизацией частоты, а на приеме — от выделителя тактовой частоты *ВТЧ*, расположенного в блоке $ПК_{\text{пр}}$. Стабильность частоты *ГЗ* равна $3\cdot10^{-5}$, а частота генерации — 8192 кГц. Путем деления этой частоты на 4 получают тактовую частоту системы 2048 кГц, которую устанавливают с точностью ±5 Гц. С помощью формирующих устройств синусоидальный сигнал превращается в последовательность прямоугольных импульсов (*Строб*). Задающий генератор *ГЗ*, как и *ВТЧ*, формирует две основные последовательности прямоугольных импульсов, на схеме обозначенные как *Строб 1* или *Строб 2*. Эти последовательности определяют порядок и скорость обработки сигналов в различных функциональных узлах и блоках аппаратуры. По отношению друг к другу они смещены на полпериода тактовой частоты.

Последовательности разрядных (P_1—P_8), канальных ($КИ_0$, $КИ_1$, ..., $КИ_{31}$) и цикловых ($Ц_0$, $Ц_1$, ..., $Ц_{15}$) импульсов с частотой следования 256,8 и 0,5 кГц соответственно получаются путем последовательного деления тактовой частоты системы в 8,32 и 16 раз. Принцип такого деления не отличается от изложенного в разд. 4.7 и очевиден из рис. 8.2. Конструктивно делители — разрядный *ДР* и цикловый *ДЦ* объединены в одном блоке — делителе частоты *ДЧ*. Схемно делитель разрядный выполнен по схеме рис. 4.8, а делитель цикловый — по схеме рис. 4.7. В качестве управляющего (запускающего) сигнала в первом случае используется *Строб 1*, а во втором — $КИ_0ШИ$ ($КИ_0С$). Количество разрядов в *ДР* равно 8, а в *ДЦ* — 4. Делитель канальный включает эле-

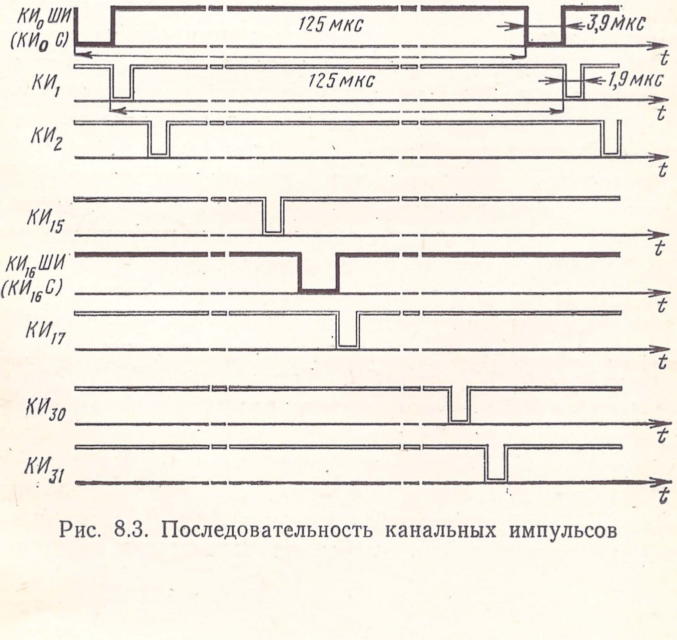


Рис. 8.3. Последовательность канальных импульсов

менты обеих указанных схем и выполнен на базе делителя на 32 (типа счетчика), двух регистров сдвига и дешифратора. Один из регистров используется для формирования длительностей импульсов в последовательности канальных импульсов, а второй регистр — для формирования периода их следования. Управление работой делителя и регистров производится сигналами, поступающими из *ДР* и условно обозначенными *Упр.регистр.* Для формирования «узких» канальных импульсов с длительностью 1,9 мкс (последовательности $КИ_1$—$КИ_{15}$, $КИ_{17}$—$КИ_{31}$) в дешифратор *ДК* заводится *Строб АИМ (ВС)* — последовательность прямоугольных импульсов с частотой следования 256 кГц и скважностью, равной 2 (длительность импульса равна 1,9 мкс, а период следования 3,9 мкс). При формировании «широких» канальных импульсов $КИ_0ШИ$ ($КИ_0С$) и $КИ_{16}ШИ$ ($КИ_0С$) с длительностью импульса 3,9 мкс этот строб не используется. Форма импульсов на выходе делителя канального показана на рис. 8.3.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОДИРУЮЩЕГО И ДЕКОДИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВ

Кодер предназначен для квантования и кодирования отсчетов группового АИМ сигнала. В ходе выполнения этих операций групповой АИМ сигнал подвергается аналого-цифровому преобразованию, в результате которого последовательность отсчетов АИМ сигнала преобразуется в последовательность 8-разрядных кодовых групп симметричного двоичного кода, содержащих информацию о полярности кодируемых отсчетов и номере уровня квантования, в зоне которого находилась их амплитуда.

В качестве кодирующего устройства в ИКМ-30 применен нелинейный взвешивающий кодер с цифровой компрессией эталонов, имеющий квазилогарифмическую характеристику компрессии типа А-87,6/13. Особенности такой характеристики, а также принцип построения и работы указанного типа кодера рассмотрены в § 4.5. Различия в структурной схеме кодера поясняются рис. 8.4. В отличие от упрощенной схемы кодера (см. рис. 4.17), кодер в ИКМ-30 содержит два генератора эталонных токов *ГЭТ* одной (отрицательной) полярности. Двухполярная квантующая характеристика формируется путем применения парафазного усилителя ввода *УВ*. Такой усилитель имеет два выхода, на каждом из которых формируются выходные сигналы равной амплитуды, но противоположной полярности (относительно средней точки). Полярность выходных сигналов определяется полярностью входного сигнала (отсчета АИМ сигнала). Генераторы *ГЭТ* подключаются к обоим выходам *УВ* в точки суммирования *А* и *В*.

При кодировании работает лишь тот выход *УВ*, полярность кодируемого отсчета на выходе которого отрицательна. К противоположному выходу *УВ* подключается соответствующий *ГЭТ*. Компаратор *К*, подключаемый к точкам *А* и *В*, при каждом такте кодирования производит операцию вычитания абсолютных величин сигнала и суммы эталонов $2I_с—I_\Sigma$ и вырабатывает сигнал 0, если $2I_с>I_\Sigma$, и сигнал 1, если $2I_с<I_\Sigma$ (I_Σ — суммарный ток эталонов, включенных *ГЭТ*).

В качестве *ГЭТ* в кодере применена резисторная матрица типа *R—2R*, показанная на рис. 8.5. В такой матрице передача эталонного тока $I_{эт}$ от i-го узла ($i=0, 1, 2, ..., 10$) к нагрузке $R_н$ осуществляется с коэффициентом $к=2^i$. При замыкании ключа *Кл* i-го узла матрицы величина тока в нагрузке $R_н$ равна $I_н=I_{эт}\cdot 2^i$. Управление ключами осуществляется логикой *БКЭ* и *КЛ*.

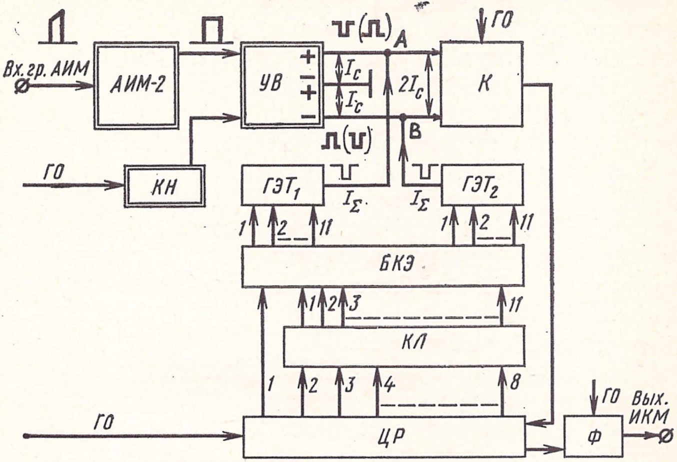

Вх.гр. АИМ
АИМ-2
УВ
+
−
+
−
I_c
I_c
$2I_c$
A
B
К
ГО
ГО
КН
ГЭТ$_1$
ГЭТ$_2$
I_Σ
I_Σ
1
2
11
1
2
11
БКЭ
1
2
3
11
КЛ
1
2
3
4
8
ГО
ЦР
ГО
Вых. ИКМ
Ф

Рис. 8.4. Структурная схема кодера системы передачи ИКМ-30

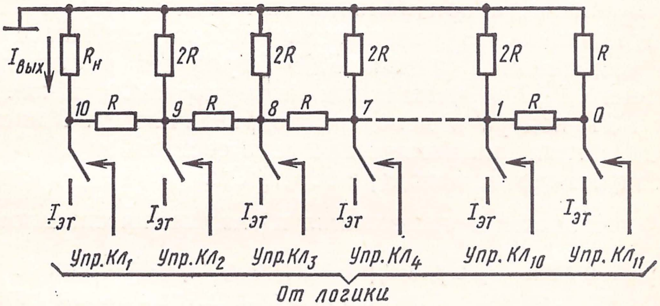

$I_{вых}$
$R_н$
2R
2R
2R
2R
R
10
9
8
7
1
0
R
R
R
R
$I_{эт}$
$I_{эт}$
$I_{эт}$
$I_{эт}$
$I_{эт}$
$I_{эт}$
Упр.Кл$_1$
Упр.Кл$_2$
Упр.Кл$_3$
Упр.Кл$_4$
Упр.Кл$_{10}$
Упр.Кл$_{11}$
От логики

Рис. 8.5. Принцип формирования эталонных токов

Кроме усилителя ввода кодер содержит корректор нуля *КН* и блок формирования сигнала *АИМ-2*. Корректор нуля производит компенсацию дрейфа и смещения рабочей точки кодера в период следования канальных интервалов $КИ_0$ и $КИ_{16}$, когда подается сигнал запрета кодирования. Блок *АИМ-2* преобразует отсчеты группового АИМ сигнала в форму, удобную для их кодирования. В частности, вершины отсчетов, повторяющие форму дискретизированных сигналов в момент взятия отсчета, спрямляются и превращаются в плоские, что исключает ошибки при квантовании и кодировании отсчетов. Кроме этого, длительность отсчетов в блоке *АИМ-2* расширяется с 2 до 4 мкс. В остальном алгоритм работы кодера не отличается от изложенного в § 4.5.

Максимальная амплитуда отсчета АИМ сигнала на входе кодера (на входе блока *АИМ-2*) может достигать 1 В. Максимальный положительный сигнал на выходе кодера кодируется комбинацией 11111111, минимальный положительный — 10000000, максимальный по величине отрицательный — 01111111, а минимальный по величине отрицательный — 00000000. Для исключения в ИКМ сигнале длинных последовательностей бестоковых посылок (0), нарушающих работу *ВТЧ* линейных и станционных регенераторов, а также *ВТЧ* в блоке *ПК*$_{пр}$ оконечной станции, при считывании кодовой комбинации производится инверсия всех четных разрядов кодовой комбинации.

Декодер в аппаратуре ИКМ-30 выполняет операцию по цифроаналоговому преобразованию переданных сигналов, в результате которой из принятой последовательности кодовых групп восстанавливается полярность и амплитуда переданных отсчетов и формируется групповой АИМ сигнал на приеме.

Принцип построения и работа декодера не отличаются от изложенных в § 4.5. Различия заключаются лишь в том, что в декодере аппаратуры ИКМ-30 вместо *ГЭТ* разной полярности используются два *ГЭТ* одной полярности. Для формирования двухполярных отсчетом АИМ сигнала эти *ГЭТ* подключаются к различным входам дифференциального усилителя. При наличии сигнала на одном входе такого усилителя на его выходе формируется отсчет одной полярности, а при наличии сигнала на втором входе — отсчет противоположной полярности. В соответствии с принятой кодовой комбинацией логика *БКЭ* управляет включением соответствующего *ГЭТ* и значениями коммутируемых токов. Схемные решения *ГЭТ* кодера и декодера не различаются. Максимальная амплитуда сигнала на выходе декодера составляет 2,0 В при внутреннем сопротивлении декодера 5±1,5 Ом.

УСТРОЙСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ

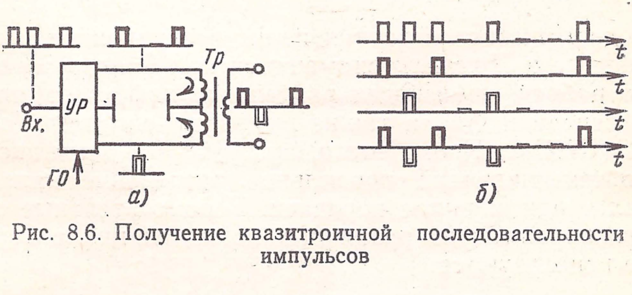
Устройства формирования, размещенные в блоке ФЛС, предназначены для формирования сигналов цикловой и сверхцикловой синхронизации, контрольных, вспомогательных и аварийных сигналов, а также для объединения цифровых потоков этих сигналов с цифровыми потоками кодера и СУВ в ИКМ сигнал. Кроме того, устройства формирования обеспечивают преобразование однополярного цифрового ИКМ сигнала в биполярный квазитроичный линейный ИКМ сигнал со следующими параметрами: амплитуда импульсов U_m на входе в линию ±3±0,3 В на сопротивлении 120 Ом±2%, длительность импульсов на уровне $0{,}5U_m$ равна 240±30 нс.

В качестве сигнала цикловой синхронизации (ЦС) в ИКМ-30 используется кодовая комбинация из семи символов вида 0011011, передаваемая в разрядах P_2—$P_8 КИ_0$ четных циклов сверхцикла (период следования 250 мкс). Сигнал сверхциклового синхронизма (СЦС) имеет вид 0000 и передается в разрядах P_1—$P_4 КИ_{16}$ цикла $Ц_0$ (период следования 2 мс). Цифровые потоки СУВ передаются в разрядах P_1, P_2, P_5 и P_6 $КИ_{16}$ в циклах $Ц_1$, ..., $Ц_{15}$ сверхцикла. Кроме указанных сигналов в задачу устройств формирования входит формирование цифрового канала в разряде $P_6 КИ_0$ нечетных циклов, по которому осуществляется контроль остаточного затухания в 23-м канале системы (сигнал *Контроль 03*), а также каналов передачи сигналов извещения о потере циклового *Изв. ЦС* и сверхциклового *Изв. СЦС* синхронизма — в разрядах $P_3 КИ_0$ нечетных циклов и $P_6 КИ_{16}$ цикла $Ц_0$ соответственно. В разряде $P_1 КИ_0$ всех циклов формируется канал передачи дискретной информации.

Эти же устройства формируют символы 0 в разрядах P_3 и $P_7 КИ_{16}$ циклов $Ц_1$, ..., $Ц_{15}$, $P_7 КИ_{16}$ цикла $Ц_0$ и символы 1 в разрядах P_2, P_4, P_5, P_7, P_8 $КИ_0$ нечетных циклов, $P_5 КИ_{16}$ цикла $Ц_0$, $P_4 КИ_{16}$ циклов $Ц_1$, ..., $Ц_{15}$, $P_8 КИ_{16}$ всех циклов сверхцикла. Необходимо отметить, что формирование символов 1 на свободных позициях цикла передачи объясняется желанием увеличить плотность импульсов в линейном ИКМ сигнале, что облегчает работу устройств *ВТЧ* в регенераторах и на принимающей оконечной станции.

Формирование необходимых сигналов, объединение и размещение цифровых потоков в соответствии с диаграммой временных циклов системы производятся с помощью цифровых логических элементов (И, ИЛИ, НЕ и др.), управляемых импульсными последовательностями от устройств генераторного оборудования. Преобразование однополярного группового ИКМ сигнала в квазитроичный сигнал осуществляется простой логической операцией (рис. 8.6). Последовательность однополярных импульсов с помощью логического устройства разделения *УР* делится на две последовательности: четных и нечетных импульсов. На общей нагрузке они объединяются в биполярную последовательность.

Устройства разделения, размещенные в блоках $ПК_{пр}$ и *Пр.синхр*, предназначены для приема и преобразования линейного ИКМ сигнала.



а) б)

Рис. 8.6. Получение квазитроичной последовательности импульсов

Необходимым условием нормальной работы оборудования приема является синхронизация его работы с работой оборудования передающей станции. Для этой цели служат устройства тактовой, цикловой и сверхцикловой синхронизации. Устройство тактовой синхронизации расположено в блоке *ПК*$_{\text{пр}}$. Здесь принятый ИКМ сигнал подвергается двухполупериодному выпрямлению и из биполярного квазитроичного преобразуется в однополярный ИКМ сигнал. Выделитель тактовой частоты *ВТЧ*, расположенный в этом же блоке, выделяет из однополярной последовательности импульсов тактовую частоту системы 2048 кГц и формирует сигналы *Строб 1* и *Строб 2*. Такой способ получения тактовой частоты обеспечивает одинаковую скорость обработки сигналов на передающей и принимающей оконечных станциях, т. е. обеспечивает тактовую синхронизацию работы генераторных устройств обеих оконечных станций.

Заданный порядок обработки сигналов обеспечивается приемниками цикловой и сверхцикловой синхронизации, расположенными в блоке *Пр.синхр.* Делители генераторного оборудования начинают работать лишь после нахождения в ИКМ сигнале сигналов цикловой и сверхцикловой синхронизации. В качестве приемников синхронизации в ИКМ-30 использованы приемники со скользящим поиском и одноразрядным сдвигом. Принцип работы такого приемника не отличается от изложенного в разд. 4.8.

Состояние синхронизма в работе генераторных устройств передающей и принимающей оконечных станций контролируется местным сигналом контроля. При потере синхронизма формируются сигналы *Авария ЦС (СЦС)*, *Запрет декодера* и включается сигнал *Изв. ЦС (СЦС)* на противоположную оконечную станцию. В *ПК*$_{\text{пр}}$ формируется сигнал *Запрет СУВ*, а также сигналы *Уст. по Ц* и *Уст. по СЦ*, используемые для принудительной установки делителей генераторного оборудования приема.

Состояние потери синхронизма приемником цикловой синхронизации отмечается через 1 мс, т. е. после 4 сбоев в работе приемника, следующих подряд, а приемником сверхцикловой синхронизации — через 4 мс, или после 2 сбоев в работе приемника, следующих подряд. Время поиска сигнала цикловой синхронизации не превышает 2 мс. Поиск сигнала сверхцикловой синхронизации начинается лишь после установления состояния циклового синхронизма.

После достижения состояния полного синхронизма устройства, расположенные в *Пр.синхр* снимают сигнал *Запрет декодера*, разрешая его работу, производят разделение цифровых потоков СУВ и канала передачи ДИ, а также выделяют сигналы *Контроль 03* и *Изв. ЦС (СЦС)*. Кроме этого, устройства выделяют сигнал $КИ_{16}Р_8$, обеспечивающий правильное разделение каналов СУВ, следующих в одном цикле передачи. Вспомогательные символы 0 и 1, сформированные на различных позициях цикла передачи, на приеме не используются.

Приемопередатчик *ПП* предназначен для преобразования аналогового телефонного сигнала в АИМ сигнал на передаче и восстановления переданного сигнала из последовательности его отсчетов на приеме. Функциональная схема приемопередатчика показана на рис. 8.7.

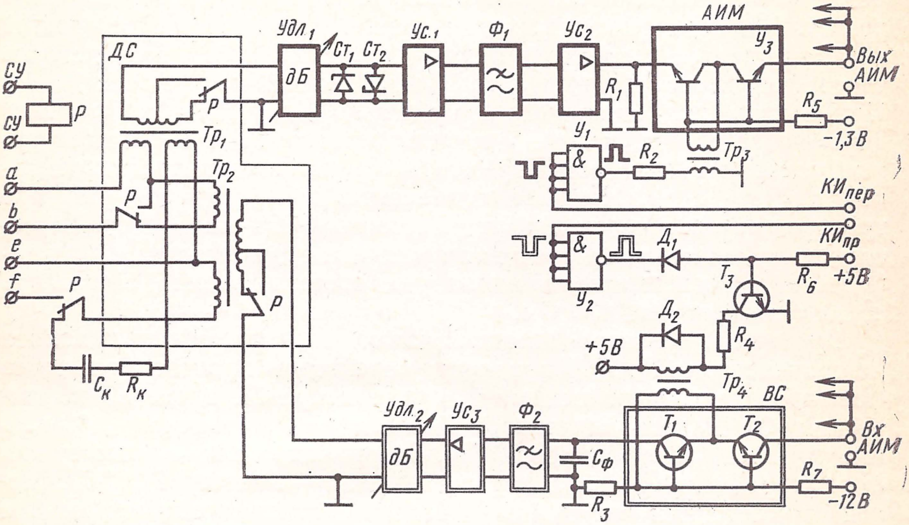


Рис. 8.7. Функциональная схема приемопередатчика

На входе *ПП* включены два трансформатора — *Тр*₁ и *Тр*₂. В исходном состоянии эти трансформаторы образуют дифсистему *ДС*, объединяющую тракты приема и передачи. В этом режиме работы *ПП* имеет двухпроводное окончание (провода *a* и *b*) с уровнями передачи 0 дБ и уровнями приема —7, —3,5 и —1,8 дБ (устанавливаются удлинителями). При срабатывании реле *Р* приемопередатчик переключается в режим четырехпроводного окончания. В этом случае трансформаторы работают в режиме согласующих: *Тр*₁ — в тракте передачи, а *Тр*₂ — в тракте приема. В зависимости от номиналов включенных удлинителей измерительный уровень в тракте передачи в режиме четырехпроводного окончания может составлять —3,5 и —13 дБ, а в тракте приема —3,5 и +4,3 дБ. Переключение *ПП* в режим четырехпроводного окончания производится при поступлении сигнала от согласующего устройства *СУ*, осуществляющего четырехпроводный транзит каналов.

В тракте передачи включены удлинитель *Удл*₁ с ограничителями амплитуд *Ст*₁ и *Ст*₂, усилитель передачи *Ус*₁, фильтр нижних частот *Ф*₁ с частотой среза 3,4 кГц, согласующий каскад усиления *Ус*₂ и АИМ модулятор. В тракте приема включены временно́й селектор *ВС*, фильтр нижних частот $Ф_2$, усилитель приема $Ус_3$, переменный удлинитель $Удл_2$.

В качестве АИМ модулятора (ключа) в передатчике используется микросхема $У_3$. Модулятор составлен из двух встречно включенных транзисторов. Роль управляемого контакта здесь играют переходы эмиттер — коллектор транзисторов. Для поддержания транзисторов в закрытом состоянии и получения высокого значения их переходного сопротивления на базы транзисторов через резистор R_5 подается запирающее смещение —1,3 В. Управляющий сигнал подается к переходу база — коллектор обоих транзисторов через формирователь импульсов, выполненный на микросхеме $У_1$. При поступлении канального импульса $КИ_{пер}$ от $ДК_{пер}$ микросхема переключается в состояние 1 и через резистор R_2 и первичную обмотку импульсного трансформатора $Тр_3$ протекает кратковременный импульс тока. Импульс, наведенный во вторичной обмотке трансформатора, переводит транзисторы АИМ модулятора в состояние насыщения, обеспечивая прохождение отсчета на выход передатчика. Максимальная амплитуда отсчета может составлять ±1,0 В на нагрузке 470 Ом.

Временно́й селектор (входной ключ) *ВС* приемника выполнен на транзисторах $Т_1$, $Т_2$. Управление селектором производится через формирователь, выполненный на транзисторе $Т_3$, диоде $Д_1$ и микросхеме $У_2$. В цепь коллектора $Т_3$ включена первичная обмотка импульсного трансформатора $Тр_4$. Вторичная обмотка этого трансформатора подключена к переходам база — эмиттер $Т_1$, $Т_2$. В исходном состоянии выход микросхемы $У_2$ отмечен состоянием 0 и диод $Д_1$ открыт. Через открытый диод шунтируется переход база — эмиттер $Т_3$, поэтому транзистор заперт. При поступлении канального импульса $КИ_{пр}$ от $ДК_{пр}$ состояние микросхемы $У_2$ изменяется на 1. Диод $Д_1$ закрывается, а транзистор $Т_3$ через резистор R_6 переводится в состояние насыщения. Через первичную обмотку трансформатора $Тр_4$ протекает импульс тока. Наведенный во вторичной обмотке трансформатора, этот импульс переводит в насыщение оба транзистора — $Т_1$ и $Т_2$, пропуская отсчет АИМ сигнала на вход фильтра $Ф_2$.

По структуре ключи *АИМ* и *ВС* одинаковы. Оба выполнены по схеме компенсированного ключа. Такая схема является симметричной по отношению к управляющему напряжению и обеспечивает подавление (балансировку) остатка импульсной несущей. Степень подавления в значительной мере зависит от идентичности параметров использованных транзисторов. Более высокие требования по степени балансировки предъявляются к АИМ модулятору, так как недостаточная балансировка остатка импульсной несущей может увеличивать шумы в каналах системы. Поэтому АИМ модулятор выполнен на микросхеме, параметры транзисторов которой в значительной мере одинаковы. Требования к степени подавления остатка импульсной несущей в *ВС* менее жесткие, и он может быть выполнен на отдельных транзисторах. Схемные решения ключей объясняются величинами нагрузок, между которыми они работают.

Ключ *АИМ* включен на нагрузку 470 Ом и имеет малые входное и выходное сопротивления. Нагрузкой ключа *ВС* является фильтр с характеристическим сопротивлением 6 кОм, поэтому *ВС* выполнен по схеме, имеющей высокие входное и выходное сопротивления. На входе *ВС* максимальная амплитуда отсчета может составлять ±2 В. Этот селектор работает на емкостную нагрузку (интегратор) $C_ф$. Выделение огибающей отсчетов АИМ сигналов и восстановление непрерывного сигнала производятся фильтром $Ф_2$ с частотой среза 3,4 кГц ($С_ф$ является входной емкостью этого фильтра). Усиленный сигнал через переменный удлинитель поступает в дифсистему.

В качестве удлинителей в блоке *ПП* используются Т-образные звенья с затуханием 1,8; 2,5; 3,5 и 4,5 дБ. Характеристическое сопротивление звеньев удлинителя равно 600 Ом. Включение звеньев осуществляется перемычками.

В качестве фильтров нижних частот $Ф_2$ и $Ф_1$ в *ПП* использованы *LC*-фильтры с характеристическим сопротивлением 6 кОм. Частота среза фильтров равна 3,4 кГц, а пики затухания (не менее 50 дБ) расположены в области частот 5,0 и 7,0 кГц. Согласованное включение фильтров обеспечивается усилителями.

Номинальное значение входного и выходного сопротивлений низкочастотных окончаний канала составляет 600 Ом. Коэффициент отражения по входному сопротивлению не превышает 0,05 при работе *ПП* в режиме двухпроводного окончания и 0,1 при работе *ПП* в режиме четырехпроводного окончания.

СОГЛАСУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

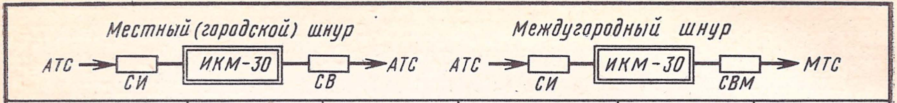
Согласующие устройства *СУ* предназначены для согласования приборов местного и междугородного шнура декадно-шаговых (АТСШ) и координатных (АТСК) АТС с оборудованием системы передачи ИКМ-30, а также для передачи сигналов управления и взаимодействия между этими АТС.

Передача СУВ каждого из телефонных каналов осуществляется по двум сигнальным каналам, работающим в направлении передачи и приема. В соответствии со своим назначением согласующие устройства подразделяются на три типа: устройство согласующее исходящее *СИ*, устройство согласующее входящее *СВ* и устройство согласующее входящее междугородное *СВМ*. Каждое из этих устройств может работать с оборудованием АТСШ и оборудованием АТСК. Необходимые режимы работы устанавливаются перемычками внутри блоков.

В местном шнуре из *СИ* в *СВ* передаются сигналы: *Занятие, Набор номера, Отбой вызывающего абонента* (*абонента А*) и *Разъединение*. Из *СВ* в *СИ* передаются сигналы: *Контроль исходного состояния, Блокировка приборов входящей АТС, Ответ* и *Отбой вызываемого абонента* (*абонента Б*).

В междугородном шнуре из *СИ* в *СВМ* передаются сигналы: *Занятие, Набор номера, Посылка вызова* (*сброс*), *Разъединение*.

Таблица 8.3



Этапы соединения	СИ				СВ			
	Пер.1	Пер.2	Пр.1	Пр.2	Пер.1	Пер.2	Пр.1	Пр.2
Исходное состояние	○	○	●	○	●	○	○	○
Занятие (снятие запроса)	○	●	○	○	○	○	○	●
Набор номера	◎	●	○	○	○	○	◎	●
Ответ (запрос)	○	●	○	●	○	●	○	●
Отбой вызывающего абонента	●	●	○	●	○	●	●	●
Отбой вызываемого а-та (абонент занят)	○	●	●	●	●	●	○	●
Блокировка	○	○	○	○	○	○	○	○

Этапы соединения	СИ				СВМ			
	Пер.1	Пер.2	Пр.1	Пр.2	Пер.1	Пер.2	Пр.1	Пр.2
Исходное состояние	○	○	●	○	●	○	○	○
Занятие	◎	●	○	○	○	○	◎	●
Набор номера	○	●	○	○	○	○	○	●
Абонент свободен	○	●	○	●	○	●	○	●
Посылка вызова	●	●	○	●	○	●	●	●
Ответ	○	●	○	○	○	○	○	●
Отбой абонента	○	●	○	●	○	●	○	●
Абонент занят	○	●	●	●	●	●	○	●
Сброс	●	●	●	●	●	●	●	●
Блокировка	○	○	○	○	○	○	○	○

Из *СВМ* в *СИ* передаются сигналы: *Контроль исходного состояния, Блокировка приборов входящей АТС, Абонент свободен, Ответ, Отбой абонента Б, Занятость абонента Б местным или междугородным соединением.*

Коды передачи указанных сигналов для местного и междугородного шнура показаны в табл. 8.3. Состояния сигнальных каналов в этой таблице представлены в том виде, в каком обеспечивается их индикация на панели обслуживания *ПО-1*. Кроме названных сигналов при организации четырехпроводного транзита из *СУ* в блоки *ПП* подаются сигналы для включения реле *Р* (см. рис. 8.7). Контакты этого реле переключают дифсистему и переводят *ПП* в режим четырехпроводных окончаний.

При включенных «условиях» согласующие устройства обеспечивают трансляцию импульсов набора номера при скорости от 7 имп/с (импульсный коэффициент $к=0{,}9\div2{,}6$) до 13 имп/с ($к=0{,}6\div1{,}9$). В устройствах *СВ* и *СВМ* осуществляется коррекция длительности паузы между импульсами и последнего импульса серии. Время скорректированной паузы находится в пределах 45 ± 5 мс, а продолжительность последнего импульса серии — в пределах 55 ± 5 мс.

Устройства *СИ*, *СВ*, *СВМ* выполнены с использованием транзисторов и интегральных микросхем. Узлы этих устройств защищены от случайных срабатываний и импульсных помех. В дополнение к элементам электроники устройство *СВ* содержит два, а *СВМ* — три реле типа РЭС-22. Одно из реле в этих устройствах используется для занятия приборов входящей АТС и проключения проводов *a* и *b*, второе — в качестве серийного, а третье (в *СВМ*) — для передачи сигналов *Посылка вызова* и *Сброс*.

Конструктивно *СУ* выполнены в виде блоков размерами 119×195×34,5 мм. Каждое из устройств состоит из двух плат, соединенных перемычками. Одна из плат — плата согласующего устройства — одинакова во всех трех типах *СУ*. На лицевой панели устройств *СИ*, *СВ*, *СВМ* имеется 12-контактный разъем, через который эти устройства подключаются к панели обслуживания *ПО-1* для наблюдения за состоянием устройства и его работой. Кроме того, этот разъем используется для подключения пульта контроля согласующих устройств *ПКСУ* при проверке *СУ* и канала на установление соединения с контрольным абонентом. Питание *СУ* производится от станционной батареи 60^{+6}_{-2} В. В качестве дополнительных источников питания использованы внутренние источники питания с напряжением —5 и +5 В.

Принцип работы *СУ* поясняется рис. 8.8, где показаны *СИ* и *СВ*, соединенные через систему передачи ИКМ-30. Проводами *a*,

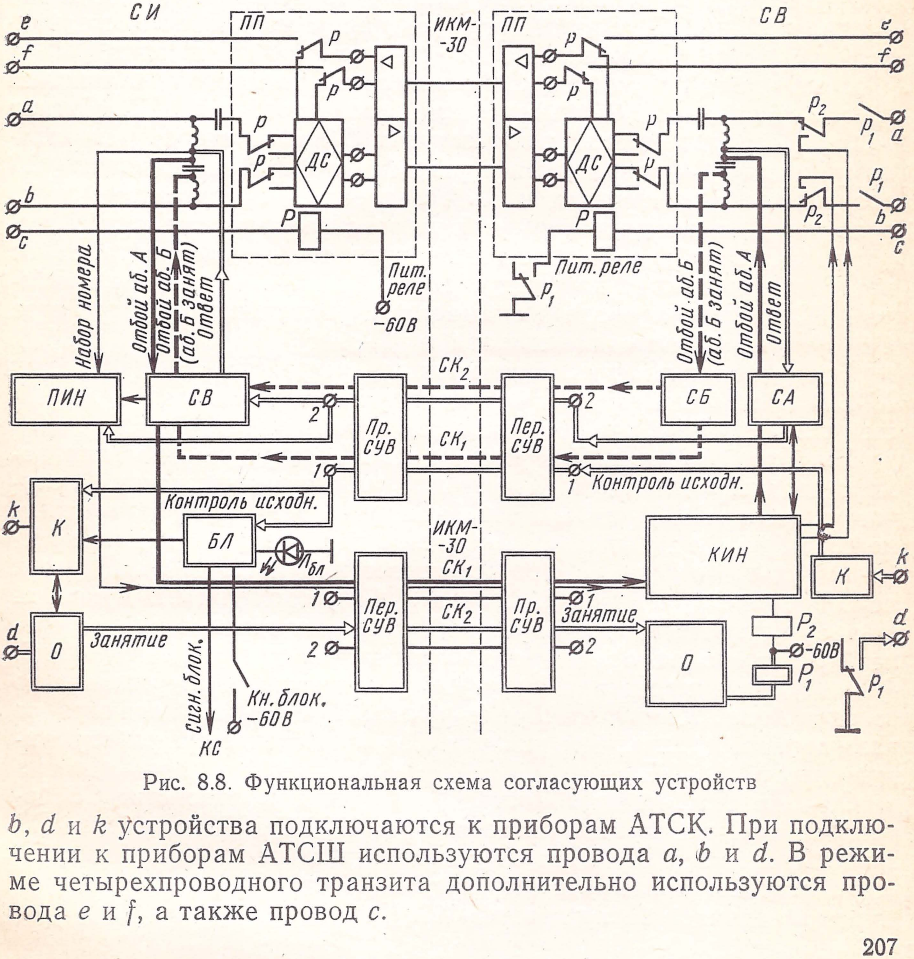

СИ
СВ
ПП
ИКМ-30
ПП
e
f
a
b
c
e
f
a
b
c
Р
р
р
р
р
р
р
р
р
Р
ДС
ДС
Пит. реле
−60В
Пит. реле
P₁
P₂
P₁
P₁
P₂
Набор номера
Отбой аб. А
Отбой аб. Б (аб. Б занят)
Ответ
Отбой аб. Б (аб. Б занят)
Отбой аб. А
Ответ
ПИН
СВ
СБ
СА
СК₂
СК₁
Пр. СУВ
Пер. СУВ
2
1
2
1
Контроль исходн.
Контроль исходн.
k
К
БЛ
Лбл
ИКМ-30 СК₁
СК₂
1
2
Пер. СУВ
Пр. СУВ
1
2
Занятие
Занятие
d
О
Сигн. блок.
КС
Кн. блок. −60В
КИН
К
k
О
P₂
P₁
−60В
d
P₁

Рис. 8.8. Функциональная схема согласующих устройств

b, *d* и *k* устройства подключаются к приборам АТСК. При подключении к приборам АТСШ используются провода *a*, *b* и *d*. В режиме четырехпроводного транзита дополнительно используются провода *e* и *f*, а также провод *c*.

Устройство СИ содержит узлы контроля *К*, узел занятия *О*, узел приема импульсов набора номера *ПИН*, узел приема и передачи сигналов ответа и отбоя *СВ*, узел сигнализации о блокировке канала *БЛ*, а также узлы передачи и приема СУВ.

Устройство СВ включает узел контроля *К*, узел занятия *О*, узел приема, коррекции и выдачи импульсов набора номера *КИН*, узел приема и передачи сигналов *Ответ абонента Б* и *Отбой абонента А СА*, узел приема и передачи сигнала *Отбой абонента Б СБ*, а также узлы приема и передачи СУВ.

Рассмотрим работу устройств *СИ* и *СВ* по этапам установления соединения.

Исходное состояние. Если приборы входящей АТС исправны, то провод *k* отмечен потенциалом —60 В. Этот потенциал воспринимается узлом контроля и по первому сигнальному каналу $СК_1$ транслируется в устройство *СИ*, где этот сигнал воспринимается узлом контроля. Если *СИ* не заблокирован (не нажата кнопка *Блок*), то провода контроля *k* и занятия *d* отмечаются потенциалом —60 В. Это является сигналом исправности соединительной линии и готовности ее к установлению соединения.

Занятие. Устройство *СИ* занимается по проводу *d* подачей плюса станционной батареи из приборов исходящей АТС. Сигнал занятия воспринимается узлом занятия *СИ* и по второму сигнальному каналу $СК_2$ передается в устройство *СВ*. Узел занятия *СВ* воспринимает этот сигнал и включает реле P_1. Контактами этого реле разговорные провода *a* и *b* устройства проключаются в сторону АТС, а на провод *d* подается плюс станционной батареи, от которого занимаются приборы входящей АТС. При занятии прибора АТС минус с провода *k* снимается и узел контроля устройства *СВ* прекращает передачу сигнала по $СК_1$.

В случае соединения согласующих устройств с приборами АТСШ провод *d* выполняет функции провода *c*, при этом в устройстве *СВ* провода *d* и *k* объединяются перемычкой.

Набор номера. При связи с АТСК цифры набираемого номера передаются частотным кодом по разговорному тракту. В случае связи с АТСШ набираемый номер передается батарейным способом (плюс по проводу *a* и минус по проводу *b*). Узел приема импульсов набора номера принимает импульсы по проводу *a* и по $СК_1$ транслирует их в *СВ*. Узел *КИН* устройства *СВ* принимает эти импульсы, корректирует их и через контакты серийного реле P_2 по проводам *a* и *b* транслирует в приборы входящей АТС. Реле P_2 срабатывает от первого импульса серии и удерживает до ее окончания. Контактами реле узлы *СА* и *СБ* отключаются от разговорного тракта, чем исключается их влияние на работу импульсных реле АТС.

Ответ. При ответе абонента *Б* на провод *a* устройства *СВ* подается плюс станционной батареи через 1000 Ом. В устройстве *СВ* срабатывает узел *СА* и по $СК_2$ посылает сигнал в *СИ*. Узел *СВ* устройства *СИ* принимает этот сигнал и подключает к проводу *a* плюс станционной батареи через 1000 Ом.

Во время разговора в прямом и обратном направлениях передачи постоянно работают вторые сигнальные каналы. В прямом направлении передается сигнал *Занятие*, а в обратном направлении — сигнал *Ответ*.

Отбой вызываемого абонента (абонента *Б*). При отбое со стороны абонента *Б* плюс с провода *a* снимается, а к проводу *b* подключается —60 В через 1000 Ом. Узел *СА* прекращает передачу по $СК_2$, но сигнал передачи по этому каналу сохраняется, так как срабатывает узел *СБ*, посылая сигналы одновременно по $СК_1$ и $СК_2$. При такой комбинации сигналов узел *СВ* устройства *СИ* отключает плюс от провода *a*, а к проводу *b* подключает —60 В через 1000 Ом. После отбоя абонента *А* и освобождения приборов исходящей АТС плюс с провода *d* снимается. Узел *О* устройства *СИ* прекращает передачу по $СК_2$, а в устройстве *СВ* отпускает реле $Р_1$, освобождая приборы входящей АТС. После возвращения этих приборов в исходное состояние возобновляется передача узлом *К* сигнала *Контроль исходного состояния* по $СК_1$. Устройство *СИ* возвращается в исходное состояние.

Аналогичным образом происходит отбой, если абонент *Б* занят или заняты соединительные пути к нему. В этом случае на разговорные провода подается зуммер *Занято*, а на провод *b* — минус 60 В через 1000 Ом. Услышав зуммер *Занято*, абонент *А* кладет трубку и разъединение происходит уже описанным способом.

Отбой вызывающего абонента (абонента *А*). Если на сети принята двусторонняя система отбоя, то при отбое абонента *А* на провод *a* подается —60 В через 1000 Ом. Этот сигнал воспринимается узлом *СВ* устройства *СИ* и по $СК_1$ транслируется в устройство *СВ*. Узел *КИН* воспринимает этот сигнал и подает его в узел *СА*, который к проводу *a* подключает —60 В через 1000 Ом. Абоненту *Б* посылается зуммер *Занято*. При отбое этого абонента плюс с провода *a* снимается, а к проводу *b* подключается —60 В через 1000 Ом. Узел *СБ* передает сигналы по $СК_1$ и $СК_2$. В устройстве *СИ* плюс от провода *a* отключается, а к проводу *b* подключается —60 В через 1000 Ом. Приборы исходящей АТС освобождаются, снимая сигнал *Занятие* с провода *d*. Устройство *СИ* прекращает передачу по $СК_2$, в результате чего в устройстве *СВ* отпускает реле $Р_1$ и освобождаются приборы входящей АТС. После возвращения их в исходное состояние возобновляется передача сигнала *Контроль исходного состояния* по $СК_1$.

В случае односторонней системы отбоя отбой абонента *А* освобождает приборы исходящей АТС, в результате чего с провода *d* устройства *СИ* снимается сигнал *Занятие*. Устройство *СИ* прекращает передачу по $СК_2$, в результате чего в устройстве *СВ* отпускает реле $Р_1$ и освобождаются приборы входящей АТС. Узел *СА* прекращает посылку сигнала *Ответ* по $СК_2$. После возвращения приборов входящей АТС в исходное состояние возобновляется передача сигнала *Контроль исходного состояния*.

Отбой вызывающего абонента до ответа («разъединение»). При отбое абонента *А* до ответа абонента

Б происходит освобождение приборов исходящей АТС и снимается сигнал *Занятие* с провода *d* устройства *СИ*, в результате чего прекращается передача по $СК_2$. В устройстве *СВ* отпускает реле P_1, после чего освобождаются приборы входящей АТС, а согласующие устройства возвращаются в исходное состояние.

Запрос о категории и номере абонента. При использовании аппаратуры ИКМ-30 на участках ЗСЛ возникает необходимость в передаче сигналов запроса о категории и номере вызывающего абонента. Этот сигнал передается из устройства запроса и приема информации *УЗПИ* и характеризуется подключением плюса к проводу *a* через 1000 Ом со стороны входящей АТС (АМТС) и зуммерным сигналом 500 Гц, посылаемым по разговорным проводам. При передаче этого сигнала согласующие устройства работают так же, как при получении сигнала *Ответ*.

Информация о категории и номере вызывающего абонента передается частотным кодом по разговорному тракту со стороны исходящей АТС. По окончании передачи плюс с провода *a* снимается и узел *СА* прекращает передачу по $СК_2$. Узел *СВ* устройства *СИ* отключает плюс от провода *a* и согласующие устройства возвращаются в предответное состояние.

Блокировка канала. При повреждении или снятии приборов входящей АТС, а также повреждении аппаратуры ИКМ-30 прекращается передача сигнала *Контроль исходного состояния* по $СК_1$. Узел контроля устройства *СИ* в этом случае отключает —60 В от провода *k*, исключая возможность занятия *СИ* со стороны приборов исходящей АТС. Одновременно срабатывает узел сигнализации о блокировке канала *БЛ*. Этот узел включает светодиод $Л_{бл}$, расположенный на лицевой панели блока, а также подает сигнал в блок *КС* для включения стоечной, рядовой и общестанционной сигнализации. При необходимости блокировка канала может быть произведена вручную нажатием кнопки *Блок* на лицевой панели устройств *СИ*, *СВ*, *СВМ*.

УСТРОЙСТВО ПИТАЮЩЕЕ

Устройство питающее *УП* (рис. 8.9) предназначено для получения питающих напряжений, необходимых для работы АЦО. Для получения нескольких градаций величин питающих напряжений в *УП* используется принцип преобразования постоянного напряжения в переменное. Устройство преобразования — *инвертор ИНВ* — преобразует постоянное напряжение в импульсное напряжение прямоугольной формы с частотой следования импульсов 16 кГц. С помощью трансформатора из этого напряжения получается несколько вторичных напряжений, которые затем выпрямляются выпрямителями *В*, фильтруются фильтрами питания *Ф* и стабилизируются стабилизаторами напряжения *Ст*. Поскольку в *УП* используется инвертор, для работы которого необходимо постоянное напряжение 24 В ±1%, а в качестве первичного источника питания используется станционная батарея 60^{+6}_{-2} В, перед инвертором включается стабилизатор напряжения *Ст*. Для повышения стабильности частоты преобразования и уменьшения помех, создаваемых работой инвертора, последний стабилизируется импульсной последовательностью 16 кГц, поступающей от *ДЧ*пер. Эта последовательность в *УП* подается через устройство синхронизации *УС*.

При изменении напряжения станционной батареи в пределах 60 В±10% *УП* обеспечивает получение шести вторичных напряжений с параметрами, указанными в табл. 8.4.

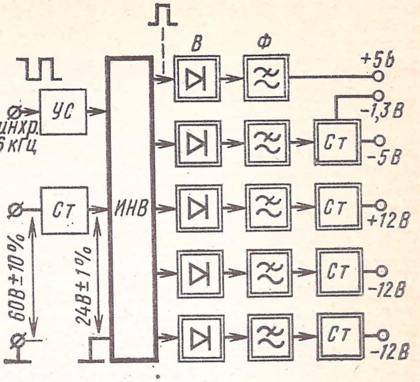


Рис. 8.9. Функциональная схема блока *УП*

Таблица 8.4

Номинал пит. напряжения, В	5 ± 5%	—5±10%	12 ± 0,5%	—12 ± 0,5%	—12 ± 0,5%
Ток нагрузки, А	4,5 — 5	0,25—1,2	0,5—1,0	0,5—1,0	0,02—0,15
Пульсация, мВ, не более	25	25	12	12	12

КОНТРОЛЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Система контроля и сигнализации предназначена для наблюдения за работой оборудования АЦО и индикации видов аварии. Контроль за работой оборудования АЦО и формирование сигналов аварии осуществляет блок контроля и сигнализации *КС*. При наличии повреждения этот блок обеспечивает формирование следующих сигналов аварии: пропадание напряжения первичного источника питания —60 В; пропадание напряжений вторичных источников питания *УП*; изменение остаточного затухания по 23-му каналу системы (03); блокировка канала *Блок*; пропадание ИКМ сигнала на передаче *Пер*; пропадание ИКМ сигнала на приеме *Пр*; нарушение цикловой и сверхцикловой синхронизации *ЦС* и *СЦС*; нарушение цикловой и сверхцикловой синхронизации на противоположной оконечной станции *Изв. ЦС* и *Изв. СЦС*. При наличии указанных видов аварии блок *КС* формирует также сигнал *Авария системы*.

Сигналы, формируемые *КС*, поступают в панель обслуживания *ПО-1*, где они используются для индикации номера поврежденной системы и вида аварии, а также для включения стоечной, рядовой и общестанционной сигнализации. На панели обслуживания *ПО-1* размещается также схема контроля состояний каналов СУВ. Здесь же расположены переговорные устройства для подключения к телефонному каналу и каналу служебной связи.

Принцип построения системы сигнализации на примере одной АЦО поясняется рис. 8.10.

Схемы контроля соответствующих блоков АЦО формируют сигналы аварии, которые отмечаются состоянием 0 и поступают на схему ИЛИ. Выход этой схемы подключен к схеме управления индикацией номера поврежденной системы *У*. В случае аварии *У* включает лампу *Л Авария системы* соответствующего АЦО на *ПО-1* и переключает триггер *Тг*. В результате этого срабатывает реле включения звонка *РВЗ* и включается лампа включения звонка *ЛВЗ* на стойке, ряду и табло общестанционной сигнализации. Одновременно через схемы $У_1$ и $У_2$ включается реле аварийной сигнализации *РАС*, а также лампа аварийной (технической) сигнализации *ЛАС* на стойке, ряду и табло.

При нажатии кнопки отключения звонка *Откл. зв* на *ПО-1*

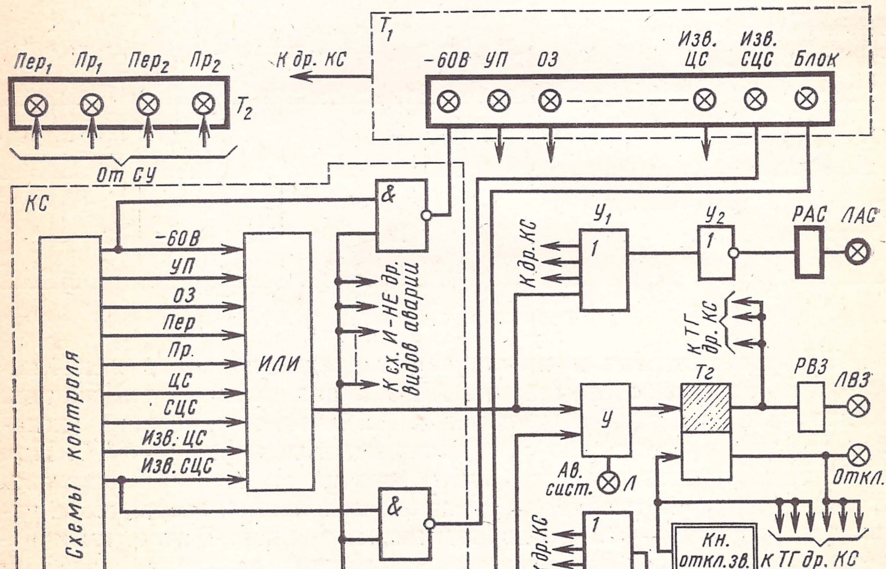

$Т_1$
$Пер_1$
$Пр_1$
$Пер_2$
$Пр_2$
$Т_2$
К др. КС
–60В
УП
ОЗ
Изв. ЦС
Изв. СЦС
Блок
От СУ
КС
&
Схемы контроля
–60В
УП
ОЗ
Пер
Пр.
ЦС
СЦС
Изв. ЦС
Изв. СЦС
ИЛИ
К сх. И-НЕ др. видов аварии
К др. КС
$У_1$
1
$У_2$
1
РАС
ЛАС
К ТГ др. КС
Тг
РВЗ
ЛВЗ
У
Ав. сист.
Л
Откл. зв.
&
1
К др. КС
$У_3$
Кн. откл. зв.
К ТГ др. КС
&
Блок
1
$Кн_1$
„0"
$У_4$
1
РБК
ЛБК
ПО-1

Рис. 8.10. Функциональная схема системы сигнализации АЦО

триггер *Тг* переключается в другое состояние и реле *РВЗ* отпускает. Лампы *ЛВЗ* гаснут, а звонок выключается. Отключение звонка дублируется включением лампы *Откл. зв* на *ПО-1*. Лампы *ЛАС* продолжают гореть.

Схемы *У* и *Тг* являются индивидуальными для каждого АЦО. Остальные элементы — общие для всех четырех АЦО, расположенных на стойке. При повреждении на другом АЦО срабатывает схема ИЛИ блока *КС* этого АЦО, а затем схемы *У* и *Тг*, ему соответствующие. Вновь включаются *РВЗ* и *ЛВЗ*. Нажатием кнопки *Откл. зв* эта сигнализация может быть также отключена.

При блокировке канала через схему НЕ работает схема $У_3$, включающая реле блокировки канала *РБК* и лампы блокировки канала *ЛБК* на стойке, ряду и транспаранте. Одновременно через схему *У* включается акустическая сигнализация.

Через схемы И-НЕ каждый вид аварии выводится на световое табло T_1 *ПО-1*. Для индикации вида аварии необходимо нажать кнопку $Кн_1$ поврежденной системы. Для наблюдения за состояниями сигнальных каналов используется табло индикации T_2.

8.4. ЛИНЕЙНЫЙ ТРАКТ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИКМ-30

ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ТРАКТОВ

Линейным трактом называют совокупность линейных и станционных устройств, обеспечивающих передачу ИКМ сигнала по линии связи.

Особенности построения линейного тракта определяют объем и состав его оборудования. Главная из этих особенностей состоит в необходимости расстановки регенераторов вдоль линии связи через каждые 1,5—2,6 км. При таком построении линейного тракта основная масса регенераторов размещается в необслуживаемых регенерационных пунктах (НРП), что требует организации цепей дистанционного питания этих регенераторов, построения систем телеконтроля и телесигнализации, а также организации канала служебной связи между всеми пунктами магистрали.

Дистанционное питание (ДП) линейных регенераторов производится с оконечных и промежуточных обслуживаемых пунктов магистрали по фантомным цепям рабочих пар кабеля, занятых под системы передачи ИКМ-30. Цепь ДП организуется по схеме «пара — пара», для чего под каждую фантомную цепь занимаются две такие пары кабеля. В зависимости от принятой системы организации связи фантомная цепь может быть образована по парам кабелей одного или разных направлений передачи. При однокабельной системе организации связи, когда пары направлений передачи и приема располагаются в одном кабеле, ДП, как правило, организуется по парам, принадлежащим одной системе передачи ИКМ-30. При двухкабельной системе организации связи пары направлений передачи и приема разнесены по разным кабелям. В этом случае ДП осуществляется по парам, принадлежащим различным системам передачи ИКМ-30.

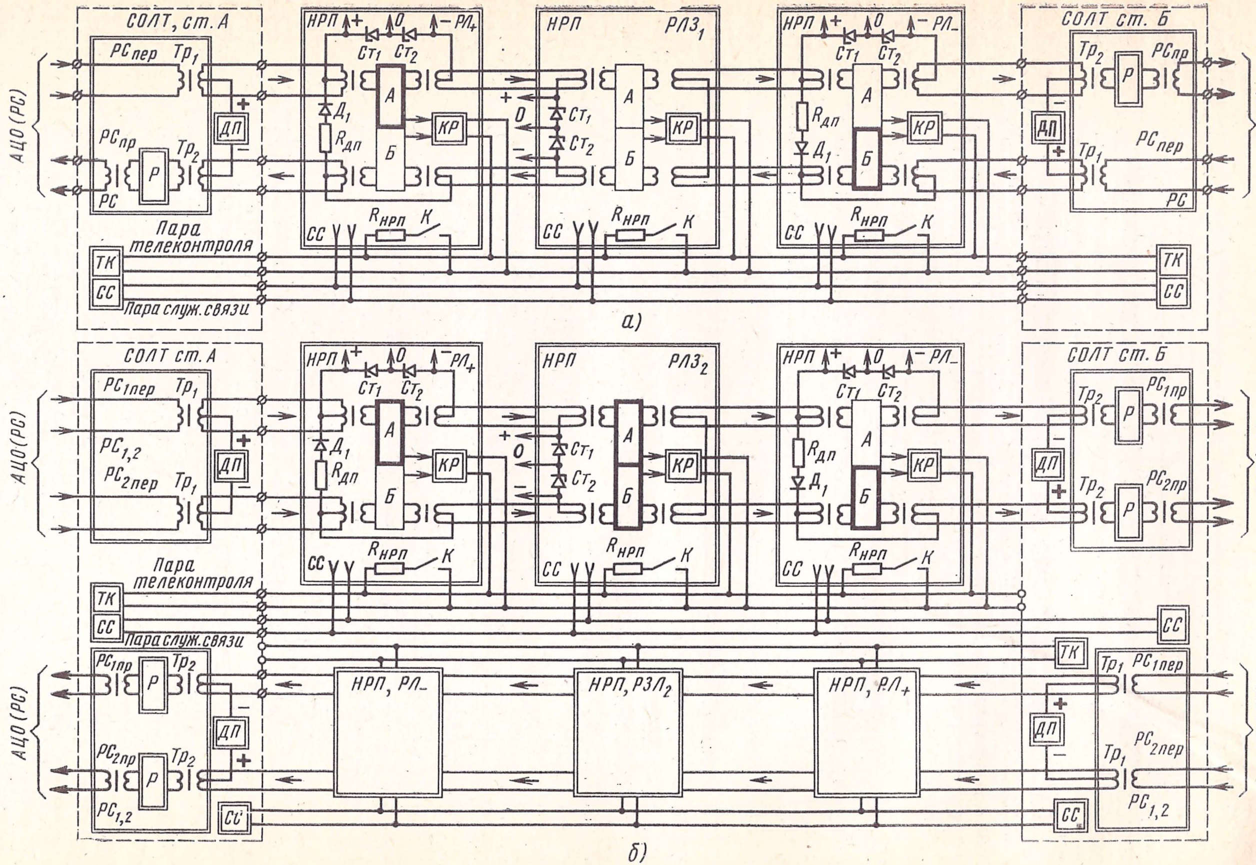

СОЛТ, ст. А
СОЛТ ст. А
СОЛТ ст. Б
НРП
РЛ+
РЛ−
РЛЗ1
РЛЗ2
+
0
−
Ст1
Ст2
А
Б
КР
Д1
Rдп
Rнрп
К
СС
РСпер
РСпр
Тр1
Тр2
ДП
Р
РС
АЦО (РС)
Пара телеконтроля
Пара служ. связи
ТК
РС1пер
РС2пер
РС1,2
РС1пр
РС2пр
НРП, РЛ−
НРП, РЗЛ2
НРП, РЛ+
а)
б)

Рис. 8.11. Схема организации цепи ДП

На рис. 8.11*а* показана схема построения линейного тракта при однокабельной, а на рис. 8.11*б* — при двухкабельной системе связи. Стойки СОЛТ, показанные на этих рисунках, могут быть оконечными или промежуточными. В последнем случае СОЛТ осуществляет транзитное соединение участков линейных трактов.

Фантомная цепь ДП образуется через средние точки линейных трансформаторов станционного *РС* и линейного *РЛ* регенераторов. Напряжение ДП подается от блока *ДП* стойки СОЛТ, устанавливаемой на обслуживаемой оконечной станции. Блок *РС* содержит собственно регенератор *Р* и передающую часть — согласующий трансформатор Tp_1, через который осуществляется передача ИКМ сигнала в линию. В средние точки линейных обмоток Tp_1 и Tp_2 подается напряжение ДП.

В цепи ДП линейные регенераторы включаются последовательно, независимо от направления передачи ИКМ сигнала. Количество блоков *РЛ*, включенных последовательно в цепи ДП, может достигать 10. Конструктивно блок *РЛ* содержит два регенератора (платы), обозначаемые буквами *А* и *Б*. Каждый из регенераторов может работать в любом из направлений передачи. Нужное включение *РЛ* обеспечивается соответствующей распайкой линейных пар кабелей и установкой перемычек на коммутационном поле кассеты. Каждый из блоков *РЛ* обеспечивает прохождение тока *ДП* в обоих направлениях передачи. В последнем блоке *РЛ*, включенном в цепи ДП, осуществляется заворот дистанционного питания. Напряжение питания, необходимое для работы обеих плат блока *РЛ*, снимается со стабилитронов $Ст_1$—$Ст_2$, включаемых встречно току ДП (анод — плюсом, а катод — минусом к току ДП).

Напряжение питания одного блока *РЛ* составляет 9,4 В (±4,7 В относительно средней точки питания 0). Для определения места обрыва при аварии цепи ДП служит цепочка $Д_1$, $R_{ДП}$ Принцип определения участка обрыва цепи ДП поясняется ниже.

В зависимости от системы организации связи и цепи ДП различают четыре варианта распайки блока *РЛ*, условно обозначаемые как $РЛ_+$, $РЛ_-$, $РЛЗ_1$ и $РЛЗ_2$. Тип блока *РЛ* устанавливается перемычками в блоке. Перемычками устанавливается также нужный вариант организации цепи ДП в блоках *РС*.

Исправность цепи ДП контролируется с СОЛТ устройствами контроля, расположенными в блоке ДП. Контроль исправности работы оборудования, установленного на линии, обеспечивается системой телеконтроля и телесигнализации. Система телеконтроля обеспечивает нахождение неисправного регенератора, а система телесигнализации (резистор $R_{НРП}$, контакт *К* вскрытия крышки или понижения давления внутри контейнера) — номера контейнера, в котором упало давление или произведено вскрытие. Принцип построения системы телеконтроля и телесигнализации поясняется ниже.

Для ведения служебных переговоров в каждый контейнер с СОЛТ заводятся пары служебной связи СС. При четырехпроводной системе СС для ее организации занимаются две пары кабеля; в случае организации двухпроводной системы СС ограничиваются одной парой кабеля.

РЕГЕНЕРАТОРЫ

Регенератор предназначен для восстановления параметров линейного ИКМ сигнала. Функциональная схема регенератора показана на рис. 8.12*а*.

Искаженный биполярный сигнал $u_с$ через симметрирующий трансформатор $Тр_1$ поступает на вход регулируемой искусственной линии *РИЛ*. Последняя дополняет затухание участка регенерации до номинального значения — 36 дБ на частоте 1024 кГц. Благодаря системе автоматической регулировки усиления АРУ уровень сигнала на входе корректирующего усилителя *КУ* остается неизменным при изменении затухания участка от 8 до 36 дБ на частоте 1024 кГц. Корректирующий усилитель имеет характеристику усиления, обратную характеристике затухания линии в спектре от 80 до 2000 кГц, чем корректируется форма импульсов, подлежащих регенерации. Напряжение $u_{ос}$, снимаемое с обмотки обратной связи $Тр_2$, управляет работой АРУ.

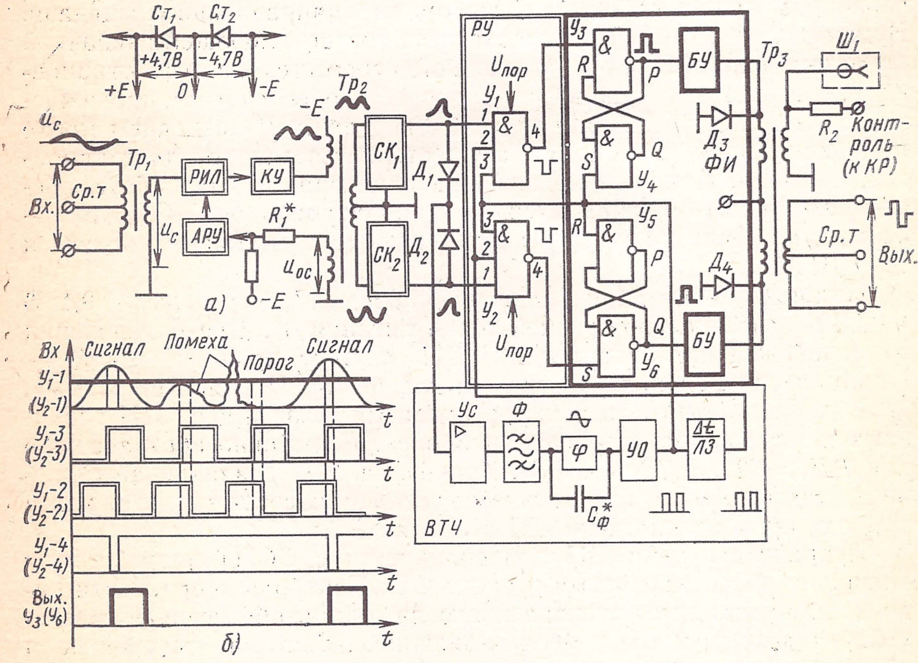

Ст1
Ст2
+4,7В
-4,7В
+E
0
-E
Тр2
-E
u_c
Тр1
Вх.
Ср.т
РИЛ
КУ
АРУ
u_c
R_1^*
$u_{ос}$
-E
а)
СК1
СК2
Д1
Д2
РУ
Uпор
У1
&
1
2
3
4
У2
Uпор
У3
R
P
S
Q
У4
У5
У6
&
БУ
БУ
Тр3
Д3
ФИ
Д4
Ш1
R2
Контроль (к КР)
Ср.т
Вых.
Ус
Ф
φ
УО
Δt ЛЗ
$C_ф^*$
ВТЧ
Вх
Сигнал
Помеха
Порог
Сигнал
У1-1 (У2-1)
У1-3 (У2-3)
У1-2 (У2-2)
У1-4 (У2-4)
Вых. У3 (У6)
t
б)

Рис. 8.12. Регенератор

Скорректированные импульсы через трансформатор $Тр_2$ и согласующие каскады $СК_1$ и $СК_2$ поступают на решающее устройство *РУ*, выполненное на микросхемах $У_1$ и $У_2$. Напряжение порога

$U_{пор}$ задается параметрами этих микросхем. Резистором R_1 амплитуда импульсов линейного сигнала на входе *1* этих микросхем устанавливается такой, чтобы она вдвое превышала $U_{пор}$. Диоды $Д_1$, $Д_2$ осуществляют двухполупериодное выпрямление импульсов линейного сигнала, в результате чего этот сигнал из квазитроичного превращается в однополярный ИКМ сигнал, используемый в *ВТЧ* для выделения тактовой частоты, фиксирования тактовых интервалов и формирования стробирующих импульсов.

Выделитель тактовой частоты ВТЧ содержит усилитель однополярных импульсов *Ус*, который нагружен на высокодобротный колебательный контур *Ф* с частотой резонанса, равной тактовой частоте системы — 2048 кГц. Синусоидальный сигнал, снимаемый с этого контура, поступает на усилитель-ограничитель *УО*. Усиление усилителя достаточно велико, поэтому параметры его выходного сигнала практически не зависят от изменения амплитуды колебания на его входе. На выходе *УО* имеет место сигнал прямоугольной формы со скважностью импульсов, равной 2 (длительность импульса равна половине периода тактовой частоты, т. е. около 0,24 мкс). Далее сигнал поступает на линию задержки *ЛЗ*, а затем — на решающее устройство. Необходимая фазировка стробирующих импульсов относительно импульсов входного сигнала осуществляется фазосдвигающим контуром φ и регулируется конденсатором $C_ф$. Момент срабатывания *РУ* определяется моментом появления стробирующего импульса. Этот импульс с длительностью около 75 нс получается путем относительного смещения (сдвига) сигналов, снимаемых с *ЛЗ*. Если в момент стробирования (в момент совпадения сигналов, снимаемых с линии задержки) на входе какой-либо из схем $У_1$ или $У_2$ имеет место импульс линейного ИКМ сигнала с амплитудой, превышающей $U_{пор}$, то на выходе этой схемы появляется импульс, запускающий *RS*-триггер соответствующего плеча схемы. Длительность выходного сигнала *RS*-триггера определяется длительностью импульса на выходе *УО* и составляет около 0,24 мкс. Необходимая форма импульса (крутизна фронтов) обеспечивается самим триггером. Окончательное формирование импульса завершается буферным усилителем *БУ*. Усилитель обеспечивает необходимую амплитуду выходного сигнала и, кроме того, исключает влияние линии на работу триггеров. Триггеры *RS* совместно с *БУ* образуют блок формирователя импульсов линейного ИКМ сигнала *ФИ*. Диоды $Д_3$, $Д_4$ защищают регенератор от опасных напряжений, наводимых в линии. Сигнал на выходе регенератора имеет амплитуду ±3 В±10% на нагрузке 120±2,4 Ом, длительность на уровне $0{,}5U_m$—0,24±0,03 мкс, а разность амплитуд и длительностей положительных и отрицательных импульсов не превышает 10%. Импульсные диаграммы, поясняющие работу решающего устройства регенератора, показаны на рис. 8.12*б*.

В линейном тракте аппаратуры ИКМ-30 используются регенераторы двух типов: линейные *РЛ* и станционные *РС*. Линейные регенераторы устанавливаются на линии в НРП-К12. Каждый блок

РЛ содержит две платы регенератора (два регенератора). Питание *РЛ* осуществляется дистанционно по фантомным цепям трактов приема и передачи через средние точки (Ср. т.) трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_3$. Ток дистанционного питания равен 110±11 мА. Для работы *РЛ* необходимы два номинала питающего напряжения относительно средней точки питания: +4,7 В (плюс Е) и —4,7 В (минус Е), получаемые за счет включения в цепь ДП стабилитронов $Ст_1$, $Ст_2$.

Станционные регенераторы устанавливаются на СОЛТ. Каждый блок *РС* содержит одну плату регенератора и передающий (согласующий или фантомный) трансформатор (на рис. 8.12 не показан). Питание *РС* осуществляется от блока *КП*.

Оба блока регенераторов имеют гнезда (разъемы) $Ш_1$ для контрольных измерений. Кроме того, блок *РС* имеет сигнальную лампу *Авария ИКМ,* которая располагается на лицевой панели блока и загорается при пропадании ИКМ сигнала на приеме. Включение этой лампы осуществляется блоком *КП*.

УСТРОЙСТВА ПИТАНИЯ

Блоки дистанционного питания предназначены для дистанционного питания регенераторов, установленных на линии. По типу эти блоки различаются на блоки дистанционного питания участков длинных *ДП* и коротких *ДПК* линий. Блок *ДП* позволяет дистанционно питать до 10, а блок *ДПК* — до трех линейных регенераторов. Оба блока получают питание от станционной батареи 60^{+6}_{-2} В и обеспечивают поддержание тока дистанционного питания в пределах 110±11 мА при любом числе включенных регенераторов. В зависимости от длины участка дистанционного питания напряжение на выходе блока *ДП* может быть установлено в пределах 30—245 В. Нужная величина выходного напряжения в блоке *ДП* определяется расчетным путем и устанавливается перемычками в пределах градаций 30—105, 105—180, 180—245 В. Блок *ДПК* включается в линию без перепаек при любой длине участка цепи ДП. Максимальное напряжение на выходе этого блока не превышает 48 В. Оба блока содержат схему защиты от коротких замыканий на выходе блока (*Перегрузка*) и обрыва цепи дистанционного питания (*Обрыв ДП*). Они же позволяют изменить полярность тока в цепи ДП и с помощью панели обслуживания *ПО-2* определить участок обрыва цепи ДП.

Принцип построения и работа блоков во многом одинаковы. На рис. 8.13 показана функциональная схема блока *ДПК*. Блок содержит стабилизатор тока *Ст*, устройства защиты $УЗ_1$, $УЗ_2$ и устройство контроля исправности предохранителя *КПр*. Тумблером $В_1$ блок включается в работу. Стабилизатор тока обеспечивает стабилизацию тока в нагрузке $R_н$. Измерительные резисторы R_1 и R_2 служат для контроля величины выходного тока $I_{ст}$. Напряжение $U_{ст}$ используется для стабилизации выходного тока.

Защитные функции осуществляются устройствами защиты $УЗ_1$

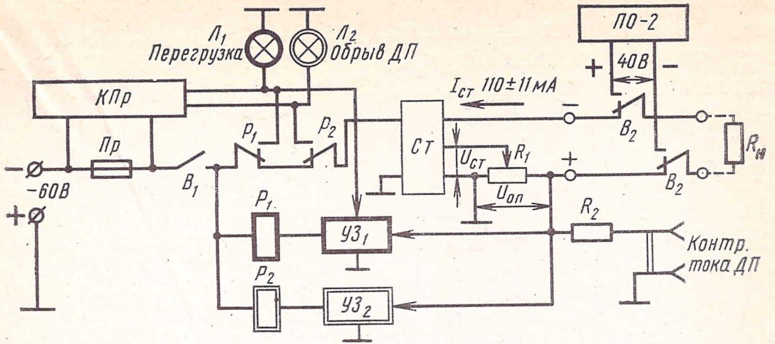


Рис. 8.13. Функциональная схема блока *ДПК*

и *УЗ*$_2$ по величине опорного напряжения $U_{оп}$, образующегося от протекания выходного тока через резистор *R*$_1$. При увеличении этого тока свыше 150 мА величина $U_{оп}$ возрастает настолько, что срабатывает *УЗ*$_1$, включая реле *Р*$_1$ и лампу *Л*$_1$ *Перегрузка*. Контактами *р*$_1$ стабилизатор тока отключается от станционной батареи, а *УЗ*$_1$ блокируется в рабочем состоянии. В случае уменьшения выходного тока ниже 70 мА величина $U_{оп}$ уменьшается, в результате чего срабатывает *УЗ*$_2$, включая реле *Р*$_2$ и лампу *Л*$_2$ *Обрыв ДП*. Контактами *р*$_2$ стабилизатор отключается от станционной батареи и блокируется в этом состоянии. В обоих случаях для повторного включения блока необходимо выключить, а затем вновь включить тумблер питания *В*$_1$.

Перегорание предохранителя *Пр* вызывает срабатывание устройства *КПр* и включение обеих ламп — *Л*$_1$ и *Л*$_2$.

При обрыве цепи ДП переключается тумблер *В*$_2$ и от *ПО-2* в линию подается переплюсованное напряжение 40 В для определения участка обрыва цепи ДП.

В отличие от *ДПК*, в блоке *ДП* стабилизатор тока *Ст* включен в цепь управляемого преобразователя напряжения. В качестве опорной частоты преобразования выбрана частота 50 кГц, которая получается от задающего генератора (мультивибратора). После преобразования импульсное напряжение подается на схему умножения, на выходе которой получаются нужные градации питающих напряжений. В остальном построение и работа блока не отличаются от изложенного для блока *ДПК*.

Блоки станционных регенераторов РС одной панели *ДПР* получают питание от блока контроля и питания регенераторов *КП*, расположенного на этой панели. Схема организации питания поясняется рис. 8.14.

Питание регенераторов осуществляется от параметрического стабилизатора напряжения *R*$_1$, *Ст*$_1$—*Ст*$_6$. Для питания *РС* используется падение напряжения, возникающее на паре стабилитронов *Ст*$_1$—*Ст*$_2$, *Ст*$_3$—*Ст*$_4$, *Ст*$_5$—*Ст*$_6$, включенных последовательно. Величина этого напряжения равна 9,4 В или ±4,7 В относительно средней точки питания (Ср. т.).

Схема, выполненная на стабилитроне *Ст*$_7$ и транзисторе T_1, служит для контроля исправности предохранителя *Пр*. При исправном предохранителе *Ст*$_7$ и T_1 закрыты. В случае перегорания предохранителя источником —60 В (сигн.) пробивается стабилитрон *Ст*$_7$ и T_1 открывается, включая лампу *Л*$_1$, расположенную на лицевой панели блока *КП*.

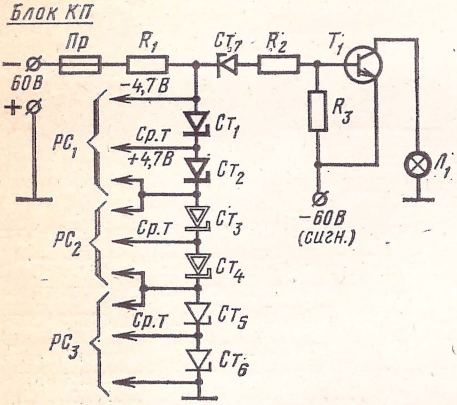


Рис. 8.14. Схема питания РС

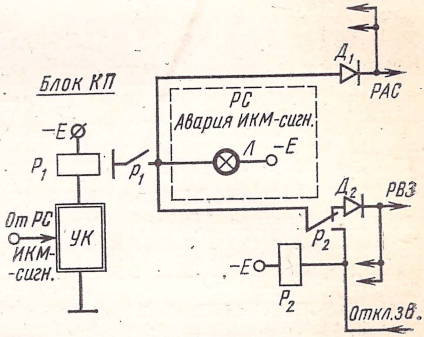


Рис. 8.15. Принцип построения сигнализации «Авария ИКМ сигнала»

КОНТРОЛЬ РАБОТЫ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Принцип построения системы контроля и сигнализации. Исправность работы линейных трактов контролируется по прохождению ИКМ сигнала. Лишь при пропадании ИКМ сигнала на выходе блока *РС* включается стоечная, рядовая и общестанционная сигнализация. Причина неисправности определяется по сигнализации, выведенной на лицевые панели блоков *ДП* (*ДПК*), *РС* или *КП*, а также путем дистанционной проверки исправности работы регенераторов, установленных на линии.

Включение стоечной, рядовой и общестанционной сигнализации производится устройствами, расположенными в панели обслуживания *ПО-2*. Эта панель обеспечивает включение сигнализации трех видов: аварийной (технической), включения звонка и вызова по служебной связи. В соответствии с этим на стойке, в ряду и на транспаранте зала включаются лампы аварийной сигнализации *ЛАС*, включения звонка *ЛВЗ* и вызова служебной связи *ЛСС*. Включение ламп *ЛВЗ* и *ЛСС* дублируется включением звонка. При нажатии кнопки *Откл. зв.* на *ПО-2* лампы *ЛВЗ* гаснут, звонок выключается, а на *ПО-2* загорается лампа *Откл. зв.* Техническая сигнализация включается также при появлении сигнала вскрытия или понижения давления внутри контейнера любого из шести контролируемых направлений, а также при перегорании предохранителей панелей *УСС* и *ПО-2*.

Сигнализация «Авария ИКМ сигнала». Контроль наличия ИКМ сигнала на выходе блока *РС* осуществляется устройствами контроля, расположенными в блоке *КП*. Каждый из трех *РС*, установленных на панели *ДПР*, имеет свое устройство контроля. Принцип контроля поясняется рис. 8.15.

С контрольной обмотки выходного трансформатора блока *РС* ИКМ сигнал поступает на вход устройства контроля *УК*. При наличии ИКМ сигнала реле $Р_1$ обесточено. В случае пропадания ИКМ сигнала это реле срабатывает, замыкая контакты $р_1$, а в панель обслуживания *ПО-2* подается сигнал для включения звонка *РВЗ* и аварийной (технической) сигнализации *РАС*. Одновременно включается лампа *Авария ИКМ*, расположенная на лицевой панели блока *РС*. Для отключения звонка на *ПО-2* нажимается кнопка *Откл.зв*. В *КП* срабатывает реле $Р_2$, блокируясь через собственные контакты $р_2$ и контакты $р_1$. Звонок выключается, но лампа аварийного сигнала *ЛАС* и лампа *Авария ИКМ* на блоке *РС* продолжают гореть.

Сигнализация «Вскрытие НРП» и «Обрыв ДП». Принцип определения номера вскрытого НРП поясняется рис. 8.16*а*. При вскрытии контейнера (или понижении давления внутри контейнера) через контакт *к* параллельно паре телеконтроля подключается резистор $R_{\text{НРП}}$ определенного номинала. С *ПО-2* измеряется ток в цепи, образованной этим и измерительным $R_{\text{изм}}$ резисторами. Номинал резистора $R_{\text{НРП}}$ от одного контейнера к другому изменяется на величину, равную начальному сопротивлению $R_{\text{НРП}}$. Так, в первом контейнере величина этого резистора равна $R_{\text{НРП}}$, во втором — $2R_{\text{НРП}}$, ..., а в десятом — $10R_{\text{НРП}}$. Изме-

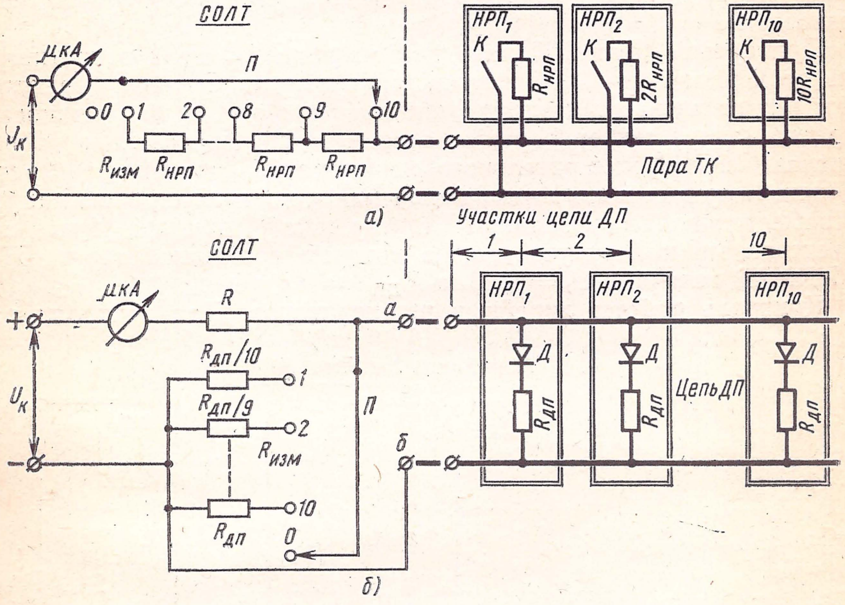

СОЛТ
мкА
П
0
1
2
8
9
10
$U_к$
$R_{изм}$
$R_{НРП}$
$R_{НРП}$
$R_{НРП}$
$НРП_1$
К
$R_{НРП}$
$НРП_2$
К
$2R_{НРП}$
$НРП_{10}$
К
$10R_{НРП}$
Пара ТК
а)
Участки цепи ДП
1
2
10
СОЛТ
мкА
R
+
−
а
б
$U_к$
$R_{ДП}/10$
1
$R_{ДП}/9$
2
$R_{изм}$
10
$R_{ДП}$
0
П
$НРП_1$
$НРП_2$
$НРП_{10}$
Д
Д
Д
$R_{ДП}$
$R_{ДП}$
$R_{ДП}$
ЦепьДП
б)

Рис. 8.16. Принцип построения сигнализации «Вскрытие НРП» и «Обрыв ДП»

рительный резистор содержит секции, сопротивление которых изменяется в обратном порядке от 0 до $9R_{НРП}$. Микроамперметр (мкА) имеет сектор, соответствующий величине тока, равной $U_к/10R_{НРП}$. При определении номера вскрытого НРП переключателем *П* секции $R_{изм}$ последовательно переключаются до того момента, пока стрелка не войдет в заданный сектор шкалы микроамперметра. При этом номер подключенной секции $R_{изм}$ будет соответствовать номеру вскрытого НРП. В ИКМ-30 приняты $U_к=40$ В, $R_{НРП}=22{,}1$ кОм.

Принцип определения участка обрыва цепи ДП носит схожий характер и поясняется рис. 8.16*б*. Здесь при смене полярности напряжения открываются диоды *Д* и к цепи ДП параллельно подключаются контрольные резисторы $R_{ДП}$, установленные в НРП. Сопротивления резисторов во всех контейнерах одинаковы. При исправной цепи ДП сопротивление между точками *а* и *б* равно $R_{ДП}/10$, чему соответствует определенный сектор шкалы микроамперметра. Для первоначальной установки этого сектора служит резистор *R*.

При обрыве цепи ДП на одном из участков цепи сопротивление цепи в точках *а* и *б* изменяется и стрелка микроамперметра выходит из нужного сектора шкалы прибора. Для установки стрелки в этот сектор переключателем *П* последовательно переключают секции измерительного резистора $R_{изм}$, начиная с первой секции. Номер секции, при подключении к которой стрелка микроамперметра войдет в заданный сектор шкалы прибора, будет соответствовать номеру участка, на котором произошел обрыв ДП. В ИКМ-30 величина $U_к=40$ В, а $R_{ДП}=200$ кОм.

Контроль работы линейных регенераторов. Для контроля ра-

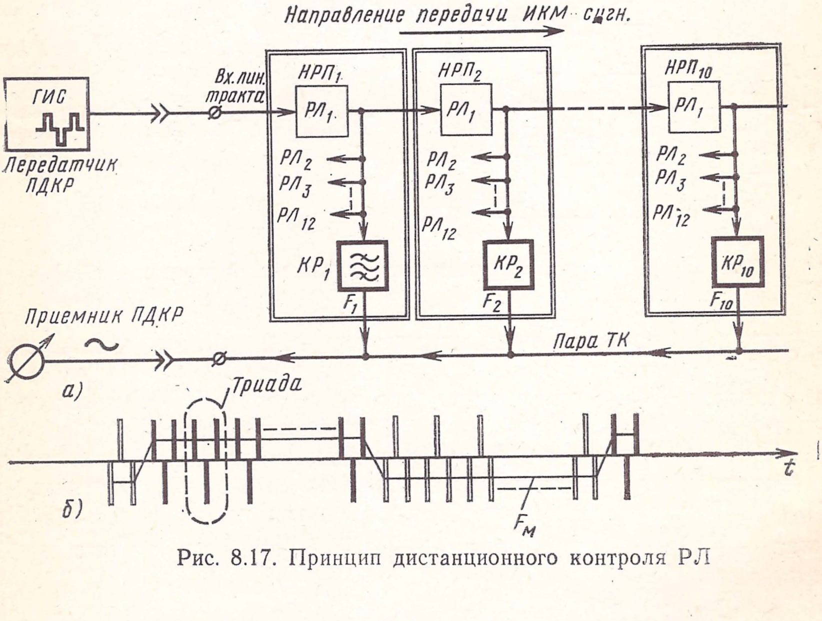


Рис. 8.17. Принцип дистанционного контроля РЛ

боты линейных регенераторов используется прибор дистанционного контроля регенераторов *ПДКР*, который может быть установлен на стойке СОЛТ. Принцип такого контроля (рис. 8.17*а*) построен на формировании специального сигнала, посылаемого в передающую часть линейного тракта от генератора испытательных сигналов *ГИС ПДКР*. Испытательный сигнал состоит из так называемых «триад» — двух импульсов одной полярности, разделенных импульсом другой полярности (рис. 8.17*б*). Под действием низкочастотного модулирующего сигнала $F_м$ полярность триад периодически изменяется, в результате чего в спектре линейного сигнала появляется составляющая с частотой $F_м$. Уровень этой составляющей можно изменять, изменяя число (плотность) триад в модулируемом сигнале. Для выделения $F_м$ из восстановленного сигнала на выходе регенератора устанавливается полосовой (контрольный) фильтр *КР*. По паре телеконтроля сигнал ответа регенератора с частотой $F_м$ транслируется на принимающую станцию, где он измеряется приемником (указателем уровня) *ПДКР*. Каждому контейнеру присваивается свой номинал частоты $F_м$ и устанавливается соответствующий *КР*. К этому *КР* подключаются контрольные выходы всех регенераторов, установленных в контейнере. Изменяя частоту $F_м$ и плотность триад, последовательно проверяют исправность работы регенераторов, начиная с первого. Другие тракты того же направления передачи проверяются аналогично. Тракты обратного направления передачи проверяются с противоположной обслуживаемой станции. В используемой в ИКМ-30 системе контроля принято 10 значений $F_м$, располагаемых в интервале частот от 1103 ($КР_1$) до 1600 Гц ($КР_{10}$) с интервалом 42—46 Гц.

Глава 9. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛАЦ И НУП И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИХ ОБСЛУЖИВАНИИ

9.1. ЛИНЕЙНО-АППАРАТНЫЙ ЦЕХ

Линейно-аппаратным цехом (ЛАЦ) называется техническое помещение, в котором размещаются оборудование и аппаратура, необходимая для организации и эксплуатации многоканальных систем передачи. По числу оконечных каналов ЛАЦ ГТС делятся на: ЛАЦ малой емкости с числом каналов, не превышающим 300; средней емкости с числом каналов от 300 до 1000; большой емкости с числом каналов, превышающим 1000.

Линейно-аппаратные цехи размещаются в специальных помещениях, в кирпичных или железобетонных зданиях. Чаще всего это типовые здания АТС, где расположены узлы исходящего и входящего сообщений. Объем и состав оборудования, размещаемого в ЛАЦ, определяются исходя из проектируемого числа каналов, усилительных трансляций, количества заводимых в ЛАЦ цепей, расхода питания и т. п. При этом устанавливаемая аппаратура и оборудование подразделяются на:

вводное и коммутационное оборудование;

оборудование многоканальных систем передачи и промежуточное оборудование;

токораспределительную аппаратуру;
измерительную аппаратуру.

Для ввода кабелей МКС применяются вводно-кабельные стойки типа ВКС, на которых устанавливается соответствующее количество боксов БМ-2 (для кабелей МКС емкостью 4×4×1,2) или БМ-3 (для кабелей МКС емкостью 7×4×1,2). Стойки ВКС условно делятся на стойки ВКС-А и ВКС-Б, куда заводятся цепи с оконечных станций и промежуточных трансляций соответственно направлений *А—Б* и *Б—А*. Такое разделение исключает взаимные влияния цепей, заводимых в бокс.

К оборудованию многоканальных систем передачи, устанавливаемому в ЛАЦ, относятся оконечные станции и стойки промежуточных усилителей; к промежуточному оборудованию ЛАЦ относятся стативы РСЛ-ДС и промежуточные щиты переключений (ПЩ). Эти щиты используются для коммутации низкочастотных цепей, окончаний каналов и других цепей, заводимых в ЛАЦ.

Назначением токораспределительной аппаратуры является распределение питающих напряжений по рядам аппаратуры. С этой целью в ЛАЦ подаются напряжение станционной батареи 60 В, используемое для питания оконечной и промежуточной аппаратуры, цепей сигнализации и ряда вспомогательных цепей, напряжение переменного тока 220/380 В (резервируемое) для питания оконечных станций и промежуточных трансляций, переменного тока напряжением 220/380 В (нерезервируемое) для питания измерительной аппаратуры, а также переменного тока напряжением 36 В, необходимое для включения паяльников, освещения и т. п. Питание оборудования систем передачи КРР-М осуществляется через стабилизаторы напряжения, размещаемые в ЛАЦ на стойках питания СП. Стабилизаторы включаются через щит питания ЩП, снабженный предохранителями-автоматами.

Измерительная и испытательная аппаратура используется для измерения и проверки каналов и групповых трактов многоканальных систем передачи, исправления и тренировки поврежденных узлов и блоков аппаратуры, а также для проверки исправности соединительных линий.

Аппаратура в помещении ЛАЦ устанавливается параллельными рядами, перпендикулярно стене, имеющей окна. При двустороннем освещении ЛАЦ (окна с обеих сторон помещения) аппаратура устанавливается двумя рядами, разделенными главным проходом; при одностороннем освещении аппаратура устанавливается в один ряд, а главный проход устраивают между рядом аппаратуры и стеной. Существуют и другие способы размещения оборудования. При размещении оборудования руководствуются принципами рационального использования площади помещения, удобства эксплуатации аппаратуры и освещения.

9.2. НЕОБСЛУЖИВАЕМЫЕ УСИЛИТЕЛЬНЫЕ ПУНКТЫ

При прохождении линий связи вдали от зданий МТС магистраль оборудуется подземными и наземными необслуживаемыми усилительными пунктами (НУП).

Подземные НУП оборудуются в специальных двухстенных стальных термозащитных камерах, которые закапываются в землю так, чтобы горловина с входным герметичным люком находилась на уровне земли. Над камерой из кирпича или бетона сооружается наземное помещение, которое снаружи присыпается грунтом. Стойки вводной и усилительной аппаратуры располагаются по периметру камеры.

Наземный НУП представляет собой небольшое кирпичное здание, размеры которого позволяют разместить необходимое оборудование и аппаратуру.

Для обеспечения нормальной эксплуатации помещения НУП комплектуются необходимым инструментом, комплектом запасных частей, шнурами для переключений, технической документацией, защитными средствами по охране труда, служебной телефонной и телесвязью с ЛАЦ.

Необслуживаемые регенерационные пункты (НРП) систем передачи с ИКМ устанавливаются, как правило, в кабельных колодцах ГТС и оборудуются служебной и телесвязью с обслуживаемой станцией.

9.3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЛАЦ И НУП

Прохождение тока через организм человека может вызвать как общее его поражение (электрический удар), при котором нарушается нормальная деятельность органов дыхания и сердца, так и местное поражение — ожоги, электрические знаки, металлизацию кожи.

Наиболее опасен для человека переменный ток промышленной частоты (50—60 Гц). В зависимости от категории опасности помещения, где эксплуатируются установки, питающиеся током промышленной частоты, в СССР установлены следующие безопасные напряжения этого тока:

65 В — в помещениях без повышенной опасности;

36 В — в помещениях с повышенной опасностью;

12 В — в помещениях особо опасных.

К помещениям с повышенной опасностью (1-я категория) относятся помещения, для которых выполняется хотя бы одно из следующих условий:

токопроводящие полы (железобетонные, кирпичные, земляные и т. п.);

токопроводящая пыль или сырость (при относительной влажности, длительно превышающей 75%);

температура, длительно превышающая +30° С;

возможность одновременного прикосновения человека к заземленным металлоконструкциям, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой.

К особо опасным помещениям (2-я категория) относятся помещения, для которых выполняется хотя бы одно из следующих условий:

особая сырость (при относительной влажности, близкой к 100%);

химически активная среда (пары, действующие разрушающе на изоляцию токоведущих частей оборудования);

не менее чем два условия для помещения с повышенной опасностью.

Помещение без повышенной опасности (3-я категория) характеризуется отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

Линейно-аппаратные цехи и необслуживаемые усилительные пункты относятся к помещениям с повышенной опасностью. Поэтому при работе с оборудованием многоканальных систем передачи следует строго соблюдать правила техники безопасности для работы с электроустановками напряжением до 1000 В. Следует помнить, что питание аппаратуры КРР-М производится от источника переменного тока напряжением 220 В, аппаратуры КАМА и ИКМ-30 — от станционной батареи напряжением 60 В с заземленным плюсом. К стойкам указанных типов аппаратуры может подводиться напряжение 220 В для питания измерительной аппаратуры. При наличии дистанционно питаемых промежуточных усилителей напряжение дистанционного питания (ДП) в системах КРР-М и КАМА может достигать 420 В, а в системе ИКМ-30 — 245 В.

Согласно правилам к эксплуатационному обслуживанию ЛАЦ и НУП допускаются лица, имеющие квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей, а в отдельных случаях — не ниже четвертой.

Для безопасного проведения работ на оборудовании ЛАЦ у оконечных стоек и усилительных трансляций, питающихся от напряжения 220 В, распределительного щитка, стабилизаторов напряжения и стоек ВКС, должны лежать диэлектрические коврики (в НУП диэлектрическими ковриками покрывается вся площадь пола) и все виды работ на перечисленном оборудовании разрешается проводить, лишь стоя на этом коврике. В каждом ряду аппаратуры должны быть оборудованы клеммы защитного заземления, к которым подключаются корпуса электроизмерительной аппаратуры при проведении измерений. Пайка разрешается лишь паяльником, рассчитанным на работу от сети 36 В.

Работы на действующем оборудовании ЛАЦ и НУП, выполняемые в порядке текущей профилактики, проводятся в соответствии с планом измерений и проверок с последующей записью в эксплуатационном журнале бригадой, состоящей не менее чем из двух человек. Работы, не включенные в план текущей профилактики, проводятся лишь на основании личного, телефонного или письменного распоряжения лица, ответственного за техническое состояние и безопасность обслуживания оборудования ЛАЦ или НУП.

При проведении измерений корпуса измерительных приборов должны обязательно заземляться. Переносные измерительные приборы должны иметь провода с хорошей изоляцией и оканчиваться специальными наконечниками с изолирующими ручками. Работы, связанные с измерением напряжений переносными приборами на высоте с использованием стремянок (лестниц), разрешаются лишь при исправном состоянии стремянок и выполняются бригадой (сменой), состоящей не менее чем из двух человек.

Следует помнить, что при снятии с рабочих мест блоков питания для их замены или ремонта необходимо разряжать конденсаторы фильтров питания. Предохранители и высоковольтные дужки на боксах должны быть закрытого типа. Пары кабелей, по которым осуществляется передача дистанционного питания, должны иметь дужки, окрашенные в красный цвет, и отмечены соответствующими надписями или бирками. Смену предохранителей и перестановку дужек на боксах следует производить, стоя на диэлектрическом коврике и берясь исключительно за изолирующее основание предохранителя (дужки). Касаться заземленных частей оборудования при этом категорически запрещается.

В НУП и кабельных колодцах работы проводятся лишь при открытой крышке горловины камеры (снятом люке колодца), причем камера НУП (колодец) до начала работ должна быть проверена на загазованность с помощью газоанализатора и провентилирована.

Если по роду работ требуется выключить напряжение дистанционного питания, то предварительно между НУП и ЛАЦ (НРП и ЛАЦ), где находится аппаратура, питающая НУП (НРП), устанавливается служебная связь. Договариваться заблаговременно о времени включения и выключения напряжения ДП при отсутствии служебной связи запрещается. Время включения и выключения ДП обязательно записывается в эксплуатационном журнале. После выключения ДП перед началом работ необходимо убедиться, что ток ДП равен нулю, а затем осуществить видимый разрыв цепи ДП (снятием перемычки или дужки). Во всех случаях при снятии напряжения должны быть приняты меры, исключающие возможность его подачи при производстве работ и вывешены плакаты: «Не включать — работают люди». Снять плакат и включить напряжение имеет право только лицо, повесившее плакат, или лицо, его заменившее. Количество вывешенных плакатов должно соответствовать числу бригад, работающих на линии.

При грозе работы на оборудовании линейного тракта запрещены.

Аварийные работы на подключенном оборудовании производятся бригадой (сменой), состоящей не менее чем из двух человек, один из которых должен иметь квалификационную группу электробезопасности не ниже четвертой. Работы разрешаются только после установки на оборудовании всех защитных крышек и кожухов, при этом вести работы следует, стоя на диэлектрическом коврике и пользуясь инструментом с изолированными ручками. Работать нужно с застегнутыми у кистей рук рукавами, а в НУП — и в головных уборах.

В качестве мер пожарной безопасности в ЛАЦ и НУП должны иметься первичные средства пожаротушения — огнетушители, песок и покрывала, пропитанные огнестойким составом. Первичные средства должны всегда содержаться в состоянии готовности, находиться на видном и легко доступном месте. Коридоры, проходы, основные и запасные выходы в ночное время должны быть освещены. Легковоспламеняющиеся жидкости должны храниться в закрытой металлической таре в специальной кладовой, удаленной от технических и служебных помещений. В технических помещениях разрешается иметь легковоспламеняющиеся жидкости лишь в объемах, не превышающих нормы суточного их расходования. У мест хранения таких жидкостей должны быть вывешены плакаты, запрещающие курить и применять открытый огонь. В местах, отведенных для курения, должны быть установлены урны из огнестойкого материала. Для тушения пожара в технических помещениях следует применять углекислотные и бромэтиловые огнетушители, песок и покрывала. Применять воду и пенные огнетушители в таких помещениях запрещается. Технические помещения должны иметь прямую связь с местной и городской пожарной охраной.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала в ЛАЦ и НУП должно быть оборудовано рабочее и защитное заземление. Рабочее заземление служит для получения общего («земляного») провода питающей цепи и придания устройствам связи потенциала земли. Защитное заземление подключается к устройствам, которые в рабочем состоянии не находятся под напряжением, но при повреждении изоляции могут оказаться под напряжением (каркасы электрооборудования и стоек аппаратуры, оболочки кабелей и т. п.). На оборудовании линейного тракта, по которому передается ДП (кабельных боксах, защитных полосах кросса, распределительных шкафах, НУП, кабельных колодцах), и на всех муфтах кабелей должны быть нанесены знаки (произведена окраска в красный цвет) и повешены бирки, предупреждающие об опасности. На крышке контейнера НРП должна быть предупредительная надпись: «Открывать только при снятом избыточном давлении».

В ЛАЦ должна поддерживаться температура в пределах 15—35° С (в НУП — от 0 до 35° С) при относительной влажности 45—75%. Помещение ЛАЦ должно иметь постоянно действующую приточно-вытяжную вентиляцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким Л. Т., Рапопорт Э. З. Уплотнение городских телефонных цепей. М.: Связь, 1973.
2. Якуб Ю. А. Дальняя связь. М.: Связь, 1971.
3. Основы многоканальной связи/Баева Н. Н., Бобровская И. К., Брескин В. А., Якуб Ю. А. М.: Связь, 1975.
4. Гуревич В. Э., Лопушнян Ю. Г., Рабинович Г. В. Принципы импульсной модуляции в системах телефонной связи. М.: Связь, 1968.
5. Гольденберг Л. М. Импульсные и цифровые устройства. М. Связь, 1973.
6. Дурнев В. Г., Стандрик В. Д. Основы многоканальной связи. М.: Связь, 1977.
7. Милейковский С. Г. Основы многоканальной связи. М. Связь, 1974.
8. Многоканальная связь/Под ред. Аболица И. А./Аболиц И. А., Бенедиктов Г. А., Буйнов А. В. и др. М.: 1971.
9. Ковалева В. Д., Коханова З. С., Панкратова О. И. Телефония и основы автоматической коммутации. М.: Связь, 1976.
10. Автоматическая коммутация и телефония/Под ред. Метельского Г. Б./Кузнецов Е. К., Мархай Е. В., Метельский Г. Б. и др. М.: Связь, 1968.
11. Грязнов Ю. М., Сагалович Л. И. Городские телефонные станции М.: Высшая школа, 1977.
12. Тарасова Ц. Л., Корнеев А. С. Основы телефонии и уплотнение кабельных цепей ГТС. М.: Связь, 1973.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.
Предисловие 3
Введение 4
Глава 1. **Основы телефонной передачи и автоматической коммутации на ГТС** 6
1.1. Характеристики звука 6
1.2. Телефонные аппараты 7
1.3. Приборы автоматической коммутации 12
1.4. Принципы коммутации на АТС декадно-шаговой и координатной систем 18
Глава 2. **Принципы построения многоканальных систем передачи и особенности их применения на ГТС** 23
2.1. Основные понятия и определения 23
2.2. Уровни передачи 24
2.3. Способы разделения каналов 25
2.4. Принципы построения городских телефонных сетей 33
2.5. Кабели межстанционной связи ГТС 35
2.6. Особенности применения многоканальных систем передачи на ГТС 39
Глава 3. **Системы передачи с ЧРК** 41
3.1. Способы построения систем передачи с ЧРК 41
3.2. Преобразователи частоты 43
3.3. Фильтры 49
3.4. Усилители 52
3.5. Генераторы 55
3.6. Выравнивающие (корректирующие) контуры 60
3.7. Ограничители амплитуд 62
3.8. Устройства АРУ 63
3.9. Дифференциальные системы 65
Глава 4. **Основы построения систем передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ)** 66
4.1. Принцип построения системы передачи с ИКМ 66
4.2. Сигналы и элементная база цифровых систем передачи (ЦСП) . . 69
Сигналы ЦСП и их параметры 69
Ключевые устройства 71
Логические элементы 72
Примеры построения узлов цифровой техники 75
4.4. Квантование и кодирование сигналов 78
Квантование сигналов 78
Кодирование сигналов 82
4.5. Кодирующие и декодирующие устройства 84
Понятия и определения 84
Линейное кодирование и декодирование 85
Нелинейные кодирующие и декодирующие устройства 88
4.6. Линейный тракт и регенерация ИКМ сигнала 96
Особенности передачи ИКМ сигнала по линии связи 96
Принцип регенерации ИКМ сигнала 98
4.7. Генераторное оборудование 99
4.8. Синхронизация в системах связи с ИКМ 100
4.9. Принципы организации каналов передачи СУВ 101

Стр.

Глава 5. **Система передачи КРР-М** 103

5.1. Общие сведения 103
5.2. Схемы оконечных станций 105
5.3. Схемы промежуточных усилительных станций 110
5.4. Приемопередатчик 111
5.5. Генераторное оборудование 114
5.6. Электропитание аппаратуры 117

Глава 6. **Система передачи КАМА** 120

6.1. Общие сведения 120
6.2. Состав оборудования и конструктивные особенности 121
6.3. Построение групповых трактов оконечных станций 122
6.4. Промежуточные усилительные станции 128
6.5. Принцип работы АРУ и КГТ 129
6.6. Групповые усилители 133
6.7. Приемопередатчик 135
6.8. Генераторное оборудование 141
Функциональная схема 141
Задающий генератор 143
Генератор гармоник 145
Генератор индивидуальной несущей частоты 146
Генераторы контрольной и вспомогательной частот (*ГКЧ* и *Г-296*) 148
Усилитель групповой несущей частоты 149
Контрольное устройство 150
Генератор тонального вызова 151
Контроль работы и переключение узлов стойки СГО 153
6.9. Электропитание оконечных станций 154

Глава 7. **Релейные комплекты соединительных линий** 156

7.1. Общие сведения 156
7.2. Комплекты *РСЛУ* 158
7.3. Комплекты *РСЛУМ* 166
7.4. Плата сигнализации статива *РСЛУ-РСЛУМ* 174
7.5. Комплекты *РСЛУК* 176

Глава 8. **Система передачи ИКМ-30** 185

8.1. Краткая характеристика системы передачи 185
8.2. Состав оборудования и конструктивные особенности 189
8.3. Аналого-цифровое оборудование 191
Структурная схема АЦО 191
Особенности построения генераторного оборудования 196
Особенности построения кодирующего и декодирующего устройств 198
Устройства формирования и разделения сигналов 200
Приемопередатчик 203
Согласующие устройства 205
Устройство питающее 210
Контроль и сигнализация 211
8.4. Линейный тракт системы передачи ИКМ-30 213
Особенности и принципы построения линейных трактов 213
Регенераторы 216
Устройства питания 218
Контроль работы и сигнализация 220

Глава 9. **Принципы построения ЛАЦ и НУП и техника безопасности при их обслуживании** 223

9.1. Линейно-аппаратный цех 223
9.2. Необслуживаемые усилительные пункты 224
9.3. Техника безопасности при обслуживании ЛАЦ и НУП 225
Список литературы 227

ЦИЛЯ ЛЬВОВНА ТАРАСОВА,
АНАТОЛИЙ СТЕПАНОВИЧ КОРНЕЕВ

Системы передачи ГТС

Редактор *В. К. Старикова*
Художник *В. Купленский*
Художественный редактор *Р. А. Клочков*
Технический редактор *Л. К. Грачева*
Корректор *Н. С. Корнеева*

ИБ № 848 («Связь»)

Сдано в набор 2.02.81 г. Подп. в печ. 18.04.81 г.
Т-08337 Формат $60\times90^{1}/_{16}$ Бумага кн.-журн. Гарнитура литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 14,5 Усл. кр.-отт. 14,875 Уч.-изд. л. 16,4 Тираж 20 000 экз. Изд. № 18736
Зак. № 18 Цена 40 к.
Издательство «Радио и связь». 101000, Москва, Главпочтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь» Госкомиздата СССР
Москва 101000, ул. Кирова, д. 40

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

В 1981 году издательство «Радио и связь» выпустит следующие книги по вопросам автоматической коммутации:

Аваков Р. А., Шилов О. С., Исаев В. Н. **Основы автоматической коммутации**: Учебник для вузов. — 20 л., ил. — 90 к.

Настоящий учебник предназначен для студентов электротехнических институтов, обучающихся по специальности «Основы автоматической коммутации». В нем рассматриваются физические основы телефонии, общие принципы построения современных и перспективных АТС и методы расчета их оборудования. Излагаются вопросы организации и построения общегосударственной автоматической коммутируемой телефонной сети.

Босенко В. Г., Максимов Г. З. **Автоматические телефонные станции сельской связи**: Учебник для техникумов. — М.: — 23 л., ил. — 1 р. 10 к.

Рассматриваются принципы построения сельских телефонных сетей (СТС), а также основы внутрипроизводственной связи колхозов и совхозов. Особое внимание уделяется описанию координатных и электронных АТС. Излагаются основы эксплуатационно-технического обслуживания и проектирования СТС, а также приводятся различные справочные данные. В качестве примера рассматривается проект АТС К-100/2000 для районного центра.

Для учащихся техникумов связи, обучающихся по специальности «Районная электрическая связь и радиофикация».

Игнатьев В. О., Алексеев Б. Е., Россиков В. В. **Програмное обеспечение АТС**. — 12 л., ил. — 65 к.

Рассматриваются требования к программному обеспечению АТС, определяются и описываются состав, назначение и принципы построения составляющих его частей. Приводятся алгоритмы работы основных программ, способы и средства решения задач, возникающих при разработке, испытаниях, производстве и эксплуатации программного обеспечения АТС.

Для инженерно-технических работников в области создания и эксплуатации современных средств коммутационной техники.

Суторихин Н. Б., Голомшток Л. В., Зарецкий К. А. **Надежность электронных коммутационных узлов и станций**/Под ред. Суторихина Н. Б. — 17 л., ил. —(Надежность и качество). — 1 р. 10 к.

Излагаются вопросы обеспечения надежности электронных коммутационных узлов и станций, принципы определения научно обоснованных норм на показатели надежности, методы построения системы контроля и поиска неисправностей, способы резервирования, вопросы технического обслуживания оборудования и контроля показателей надежности коммутационных узлов и станций. Рассматриваются методы расчета показателей надежности с учетом системы контроля и повторных вызовов, методы обеспечения надежности на примере некоторых типов электронных коммутационных узлов и станций.

Для инженерно-технических работников, специализирующихся в области коммутационной техники.

Перечисленные книги Вы можете приобрести в книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу.

40 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО "РАДИО И СВЯЗЬ"